



TUGAS AKHIR - TK145501

PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DAN PADAT DARI HASIL SAMPING PROSES ANAEROBIK BIOGAS ECENG GONDOK

ADITYA PERNANDA EFFENDI
NRP. 10411500000039

NIKITA AYU ANINDITA PUTRI
NRP. 10411500000065

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc.
NIP. 19580708 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – TK145501

**PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DAN PADAT DARI
HASIL SAMPING PROSES ANAEROBIK BIOGAS ECENG
GONDOK**

ADITYA PERNANDA EFFENDI
NRP. 10411500000039

NIKITA AYU ANINDITA PUTRI
NRP. 10411500000065

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc.
NIP. 19580708 198701 1 001

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT – TK145501

**LIQUID AND SOLID ORGANIC FERTILIZER MAKING
FROM ADDITIONAL RESULTS OF ANAEROBIC BIOGAS
PROCESS OF WATER HYACINTH**

ADITYA PERNANDA EFFENDI
NRP. 10411500000039

NIKITA AYU ANINDITA PUTRI
NRP. 10411500000065

Supervisor :
Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc.
NIP. 19580708 198701 1 001

**DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Vocational
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
**PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DAN PADAT DARI HASIL
SAMPING PROSES ANAEROBIK BIOGAS ECENG GONDOK**

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Aditya Pernanda Effendi (NRP 10411500000039)
Nikita Ayu Anindita Putri (NRP 10411500000065)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc.
NIP. 19580708 198701 1 001

Mengetahui,

**Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
FV-ITS**



Ir. Agung Subvaktu, MS
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 23 JULI 2018

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada 23 Juli 2018 untuk tugas akhir dengan judul **“Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Hasil Samping Proses Anaerobik Biogas Eceng Gondok”**, yang disusun oleh :

Aditya Pernanda Effendi
Nikita Ayu Anindita Putri

(NRP 10411500000039)
(NRP 10411500000065)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT



2. Dr. Eva Oktavianingrum, ST. MS



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc



SURABAYA, 23 JULI 2018

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Hasil Samping Proses Anaerobik Biogas Eceng Gondok**. Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip-prinsip perhitungan dari peralatan-peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Penulis menyampaikan terima kasih yang kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir yang telah penulis buat, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Mama, Papa, Kakak, keluarga dan teman-teman yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS. selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. selaku Koordinator Tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT dan Ibu Dr. Eva Oktavianingrum, ST, MS. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Departemen Teknik

Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

7. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. dan Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT. selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Segenap Dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2015 Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, 25 Juli 2018

TTD

Penulis

PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DAN PADAT DARI HASIL SAMPING PROSES ANAEROBIK BIOGAS ECENG GONDOK

Nama Mahasiswa : 1. Aditya Pernanda Effendi
10411500000039
2. Nikita Ayu Anindita Putri
10411500000065
Program Studi : D III Teknik Kimia Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Soeprijanto M.Sc

ABSTRAK

Pemakaian pupuk anorganik yang terus menerus menyebabkan dampak negatif pada keseimbangan unsur hara dalam tanah, membunuh makhluk hidup dalam tanah, dan lain lain yang beresiko terhadap kesehatan manusia karena adanya residu zat kimia yang terdapat pada tanaman atau tumbuhan yang di konsumsi. Tujuan penelitian ini adalah membuat pupuk organik dari proses biogas eceng gondok dengan kandungan C, N, P, dan K yang sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2010 dengan variabel HRT 21 dengan bahan baku utama tanpa penambahan bahan organik dan HRT 21 dengan bahan baku ditambah bahan organik.

Prosedur penelitian pembuatan pupuk organik cair dan padat dari eceng gondok melalui proses anaerobik dibagi 4 tahap yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap pembuatan biogas, tahap pembuatan pupuk organik, dan tahan analisa. Pada tahap persiapan bahan baku yaitu menyiapkan bahan baku berupa eceng gondok, kotoran sapi, dan daun lamtoro. Kemudian tahap pembuatan biogas yaitu memasukkan bahan baku tersebut kedalam reaktor yang telah diisi kotoran sapi selama 7 hari dan mengamati volume biogas yang dihasilkan dalam rentang waktu 24 jam. Selanjutnya pada tahap pembuatan pupuk organik yaitu mengambil limbah slurry berupa padatan dan cairan dari hasil proses anaerobik tersebut dan menganalisa kandungan C, N, P, dan K. Sludge padat yang di dapat diletakkan didalam ember dan mengeringkan selama ± 24 jam dan menghaluskannya, lalu ditambahkan bahan perekat berupa tepung

kanju, kemudian memasukkan ke dalam alat pembuat granul. Granul yang telah tercetak, disemprot dengan sodium silicate selama 3-5 menit sebagai coating dengan suhu dijaga 80-100°C. Terakhir tahap analisa, yaitu tahap analisa gas dan analisa kadar air.

Dari hasil percobaan didapat komposisi pupuk organik padat pada variabel bahan baku utama berupa eceng gondok tanpa penambahan bahan organik adalah 3,81% N, 1,30% P₂O₅-P, dan 1,93% K₂O-K. Sedangkan komposisi pupuk organik padat pada variabel bahan baku utama berupa eceng gondok ditambah bahan organik seperti daun lamtoro dan kotoran sapi adalah 0,61% N, 0,06% P₂O₅-P, 4,72% K₂O-K. Komposisi pupuk organik padat tersebut sudah memenuhi standar Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 yaitu min 4%, Komposisi pupuk organik cair pada variabel bahan baku utama berupa eceng gondok tanpa penambahan bahan organik adalah 0,09% N, 7,81ppm P₂O₅-P, dan 402ppm K₂O-K. Sedangkan komposisi pupuk organik cair pada variabel bahan baku utama berupa eceng gondok ditambah bahan organik berupa daun lamtoro dan kotoran sapi adalah 0,03% N, 0,85ppm P₂O₅-P, 24,1ppm K₂O-K. Komposisi pupuk organik cair pada HRT 21 dan HRT 14 belum memenuhi standar Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 yaitu 3-6%.

Kata kunci: limbah, pupuk organik, proses anaerobik

LIQUID AND SOLID ORGANIC FERTILIZER MAKING FROM ADDITIONAL RESULTS OF ANAEROBIC BIOGAS PROCESS OF WATER HYACINTH

Nama Mahasiswa : 1. Aditya Pernanda Effendi
10411500000039
2. Nikita Ayu Anindita Putri
10411500000065
Program Studi : D III Teknik Kimia Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Soeprijanto M.Sc

ABSTRACT

The continuous use of inorganic fertilizers causes a negative impact on the balance of nutrients in the soil, can kill living creatures in the soil, etc., which can also pose a risk to human health due to the presence of chemical residues contained in the plant as human consumption everyday. The purpose of this research is to make organic fertilizer from biogas water hyacinth process with the content of C, N, P, and K in accordance with Regulation of Minister of Agriculture no. 70 / Permentan / SR.140 / 10/2010 with HRT 21 variable with main raw material without addition of organic material and HRT 21 with raw material plus organic material.

The research procedure of making liquid and solid organic fertilizer from water hyacinth through anaerobic process is divided into 4 stages, namely raw material preparation stage, biogas making stage, organic fertilizer making stage, and analysis phase. In the preparation stage of raw materials is preparing raw materials such as water hyacinth, cow dung, and lamtoro leaf. Then at the stage of biogas making stage, put the raw material into reactor that has been filled with cow dung for 7 days and observed the volume of biogas produced within 24 hours. Furthermore, at the stage of making organic fertilizers, we take the slurry of solids and liquids from the anaerobic process and analyze the content of C, N, P, and K. The obtained solid sludge is placed in a bucket and dried for \pm 24 hours and mashed, then added a starchy glue material, then inserted into a granule making tool. Granules that have been made are then sprayed with sodium silicate for 3-5 minutes as a coating with a temperature maintained between 80-100

° C. And last is the analysis stage where at this stage is done gas analysis and water content analysis.

From the experimental results, the composition of solid organic fertilizer on the main raw material variables in the form of water hyacinth without the addition of organic material is 3.81% N, 1.30% P₂O₅-P, and 1.93% K₂O-K. While the composition of solid organic fertilizer on the main material variables in the form of water hyacinth plus organic materials such as lamtoro leaf and cow dung is 0.61% N, 0.06% P₂O₅-P, 4.72% K₂O-K. The composition of solid organic fertilizer has met the standard of Minister of Agriculture Regulation no. 70 / Permentan / SR.140 / 10/2011, which is at a minimum of 4%. The composition of liquid organic fertilizer on the main raw material variables in the form of water hyacinth without the addition of organic matter is 0.09% N, 7.81ppm P₂O₅-P, and 402ppm K₂O-K. While the composition of liquid organic fertilizer on the main raw material in the form of water hyacinth plus organic material in the form of lamtoro leaf and cow dung is 0.03% N, 0.85ppm P₂O₅-P, 24,1ppm K₂O-K. The composition of liquid organic fertilizer in HRT 21 and HRT 14 has not met the standard of Regulation of the Minister of Agriculture no. 70 / Permentan / SR.140 / 10/2011, which is at 3-6%.

Keywords: waste, organic fertilizer, anaerobic process

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR REVISI	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR GRAFIK	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-1
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan Inovasi Produk	I-4
1.5 Manfaat Produk	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Pupuk Organik	II-1
2.2 Pupuk Organik Padat dan Pupuk Organik Cair	II-2
2.2.1 Pupuk Organik Padat	II-2
2.2.2 Pupuk Organik Cair	II-4
2.3 Proses Fermentasi Anaerob	II-7
2.4 <i>Slurry</i> dari Proses Biogas	II-11
2.5 Reaktor Biogas	II-13
2.6 Pemanfaatan Biomassa	II-17
2.6.1 Daun Lamtoro	II-18
2.6.2 Tanaman Eceng Gondok	II-19
2.6.1 Daun Lamtoro	II-18
2.6.2 Tanaman Eceng Gondok	II-19
2.6.3 Kotoran Sapi	II-18
2.6.2 Kandungan Unsur Hara Makro Pupuk dan Fungsinya pada tanaman	II-19
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK	
3.1 Bahan yang Digunakan	III-1
3.2 Peralatan yang Digunakan	III-1
3.3 Variabel yang Dipilih	III-3
3.4 Prosedur Percobaan	III-3

3.5.	Diagram Alir	III-12
3.6	Tempat Pelaksanaan	III-22
3.7	Diagram Gambar	III-23
BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Percobaan	IV-1
4.2	Pembahasan	IV-7
BAB V NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		
5.1	Neraca Massa.....	V-1
5.2	Neraca Panas.....	V-8
BAB VI ESTIMASI ANGGARAN BIAYA		
6.1	Anggaran Biaya	VI-1
6.2	Harga Pokok Penjualan (HPP).....	VI-4
6.3	<i>Break Even Point</i> (BEP)	VI-5
BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA		
7.1	Kesimpulan	VII-1
7.2	Saran	VII-2
DAFTAR NOTASI		xii
DAFTAR PUSTAKA		xiii
LAMPIRAN :		
APPENDIX A NERACA MASSA.....		A-1
APPENDIX B NERACA PANAS.....		B-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat	II-6
Gambar 2.2	Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Cair	II-7
Gambar 2.3	Reaktor Kubah Tetap (<i>Fixed Dome</i>)	II-15
Gambar 2.4	Reaktor Terapung (<i>Floating Dome</i>)	II-16
Gambar 2.5	Reaktor Balon (<i>Ballon Reaktor</i>)	II-16
Gambar 2.6	Tanaman Lamtoro	II-18
Gambar 2.7	Tanaman Eceng Gondok di Danau Kampus ITS	II-20
Gambar 2.8	Kotoran Sapi	II-21
Gambar 3.1	Skema Peralatan Bioreaktor	III-2
Gambar 3.7	Diagram Gambar	III-23

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) 21 Hari dengan Bahan Baku Utama tanpa Penambahan Bahan Organik dan Bahan Baku Utama ditambah Bahan Organik terhadap Volume Biogas yang Dihasilkan selama 25 HariII-15
-------------------	--

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan unsur hara beberapa bahan organik	II-18
Tabel 4.1	Volume Biogas pada HRT 21 Hari	IV-1
Tabel 4.2	Komposisi Pupuk Organik Padat	IV-4
Tabel 4.3	Komposisi Pupuk Organik Cair	IV-6
Tabel 4.4	Fungsi Unsur Hara serta Gejala Kekurangan dan Kelebihannya pada Tanaman	IV-9

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki daratan luas yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian sekitar 188.20 juta ha, terdiri atas 148 juta ha lahan kering (78%) dan 40.20 juta ha lahan basah (22%). Lahan kering yang sesuai untuk lahan pertanian mencapai sekitar 76.22 juta ha (52%) dari total luas 148 juta ha. Kendala pada sebagian besar (73%) lahan pertanian di Indonesia, baik lahan sawah maupun lahan kering adalah kandungan bahan organik yang rendah (< 2%) (*Alavan, 2015*).

Pupuk sebagai salah satu komponen penunjang pada sektor pertanian mempunyai peran yang sangat penting bagi peningkatan usahatani di Indonesia, hal ini karena petani telah menyadari peran pupuk pada hasil pertanian. Ketergantungan terhadap pupuk semakin besar ketika pemerintah berhasil melaksanakan program pembangunan pertanian melalui swasembada pangan, terutama mengenai usaha intensifikasi. Kebutuhan akan produksi pertanian yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, mengakibatkan kebutuhan akan pupuk juga semakin meningkat (*Rini, 2006*).

Selama ini petani cenderung menggunakan pupuk anorganik secara terus menerus. Pemakaian pupuk anorganik yang relatif tinggi dan terus-menerus dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan tanah, sehingga menurunkan produktivitas lahan pertanian. Kondisi tersebut menimbulkan pemikiran untuk kembali menggunakan bahan organik sebagai sumber pupuk organik. Penggunaan pupuk organik mampu menjaga keseimbangan lahan dan meningkatkan produktivitas lahan serta mengurangi dampak lingkungan tanah (*Supartha, 2012*).



BAB I Pendahuluan

Pupuk organik atau pupuk alam merupakan hasil akhir dari perubahan atau peruraian bagian – bagian atau sisa tanaman dan binatang. Pupuk organik berasal dari limbah atau kotoran hewan, dan kompos yang dapat diubah dalam tanah menjadi bahan – bahan organik tanah. Pupuk organik mempunyai kelarutan unsur hara yang rendah di dalam tanah. Biasanya penggunaan pupuk ini ditujukan untuk memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah contoh pupuk organik antara lain pupuk kandang, pupuk kompos dan pupuk hijau (Soraya, 2008).

Salah satu pupuk organik yang berbentuk cair dalam kajian penelitian ini adalah kotoran sapi hasil limbah biogas. Pupuk organik cair dari limbah biogas (*slurry*) sangat baik untuk dijadikan pupuk karena mengandung berbagai macam unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti N,P, K, Mg, Ca, K, Cu dan Zn. Kandungan unsur hara dalam limbah (*slurry*) hasil pembuatan biogas terbilang lengkap. Penggunaan pupuk organik limbah biogas cair kotoran sapi mempunyai beberapa manfaat diantaranya dapat meningkatkan pembentukan klorofil daun, meningkatkan vigortanaman sehingga tanaman menjadi kokoh serta meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan (Maruapey, 2015).

Menurut Suzuki et al (2001) dalam Oman (2003), *sludge* yang berasal dari biogas (*slurry*) sangat baik untuk dijadikan pupuk karena mengandung berbagai macam unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti P, Mg, Ca, K, Cu dan Zn tetapi jumlahnya sedikit. *Slurry* biogas memiliki sumber karbon sebesar 1,12% w/w dan kandungan N 0,01% (Widodo, 2007). Sehingga diharapkan pembuatan pupuk organik dari proses biogas eceng gondok diharapkan sesuai dengan standar baku mutu Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Beberapa perumusan masalah yang akan dicoba diselesaikan

*Pembuatan Pupuk Organik Cair dan
Padat dari Hasil Samping Proses
Anaerobik Biogas Eceng Gondok*

*Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi*



dalam penelitian pemanfaatan limbah padat dan cair pada proses pembuatan biogas dari eceng gondok secara anaerobik sebagai pupuk organik, yaitu:

1. Pemakaian pupuk anorganik yang terus menerus menyebabkan dampak negatif pada keseimbangan unsur hara dalam tanah, membunuh makhluk hidup dalam tanah, dan lain lain yang beresiko terhadap kesehatan manusia karena adanya residu zat kimia yang terdapat pada tanaman atau tumbuhan yang di konsumsi. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan pupuk organik untuk menyeimbangkan lingkungan hidup dan berkelanjutan.
2. Eceng gondok merupakan bahan yang mengganggu ekosistem perairan, di antaranya menurunkan jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan. Sehingga eceng gondok dapat dimanfaatkan menjadi biogas dengan metode *anaerobic digestion* dan hasil samping (limbah) proses pembuatan biogas tersebut dapat dimanfaatkan menjadi pupuk organik.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalah yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

1. Sampel diperoleh dari limbah padat dan cair digester proses instalasi biogas dari pengolahan biogas eceng gondok di Laboratorium Teknik Pengolahan Limbah Teknik Kimia Industri
2. Analisa dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Limbah Teknik Kimia Industri yaitu pengujian kadar air, kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin. Dan analisa C, N, P dan K dilaksanakan di



Laboratorium Teknologi Air dan Konsultasi Industri
Teknik Kimia ITS.

1.4 Tujuan Inovasi Produk

Tujuan dari penelitian pemanfaatan limbah padat dan cair pada proses pembuatan biogas dari eceng gondok secara anaerobik sebagai pupuk organik, yaitu:

1. Membuat pupuk organik dari proses biogas eceng gondok dengan kandungan C, N, P dan K yang sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011
2. Mengetahui kandungan C, N, P dan K yang dihasilkan dengan bahan baku eceng gondok melalui proses pembuatan biogas secara anaerobic
3. Mengetahui pengaruh penambahan bahan organik lain terhadap kandungan C, N, P dan K melalui proses pembuatan biogas secara anaerobic

1.5 Manfaat Inovasi Produk

Manfaat dari inovasi produk ini adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan limbah padat dan cair digester proses biogas dari eceng gondok menjadi pupuk organik untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan hidup
2. Memanfaatkan gas bio yang dihasilkan dari proses biogas eceng gondok sebagai energi alternatif
3. Memanfaatkan hasil samping dari *anaerobic digestion* biogas eceng gondok sebagai pupuk organik untuk diambil *slurry/effluent*-nya
4. Memberikan inovasi produk pupuk organik baru yang mudah untuk diterapkan dimasyarakat yang berasal dari produk limbah proses biogas eceng gondok.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pupuk Organik

Pupuk adalah suatu bahan yang mengandung satu atau lebih unsur hara atau nutrisi bagi tanaman untuk menopang tumbuh dan berkembangnya tanaman. Unsur hara yang diperlukan oleh tanaman adalah: C, H, O (ketersediaan di alam melimpah), N, P, K, Ca, Mg, S (hara makro), dan Fe, Mn, Cu, Zn, Cl, Mo, B (hara mikro). Pupuk dapat diberikan lewat tanah, daun, atau diinjeksi ke batang tanaman. Jenis pupuk adalah bentuk padat maupun cair. Berdasarkan proses pembuatannya pupuk dibedakan menjadi pupuk alam dan pupuk buatan. Pupuk alam adalah pupuk yang didapat langsung dari alam, contohnya fosfat alam, pupuk kandang, pupuk hijau, kompos. Jumlah dan jenis unsur hara yang terkandung di dalamnya sangat bervariasi. Sebagian dari pupuk alam dapat disebut sebagai pupuk organik karena merupakan hasil proses dekomposisi dari material makhluk hidup seperti, sisa tanaman, kotoran ternak, dan lain-lain. Jenis pupuk lain yang dihasilkan dari proses pembuatan pabrik biasa disebut dengan pupuk buatan. Kadar, hara, jenis hara, dan komposisi hara di dalam pupuk buatan sudah ditentukan oleh produsen dan menjadi ciri khas dari penamaan/merek pupuk (*Purwanto, 2015*).

Pupuk organik merupakan pupuk yang berperan meningkatkan aktifitas biologi, kimia, dan fisik tanah sehingga tanah menjadi subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman. Saat ini sebagian besar petani masih tergantung pada pupuk anorganik karena mengandung beberapa unsur hara dalam jumlah yang banyak, padahal jika pupuk anorganik digunakan secara terus-menerus akan menimbulkan dampak negatif terhadap kondisi tanah. Pupuk organik terdapat dalam bentuk padat dan cair. Kelebihan pupuk organik cair adalah unsur hara yang terdapat didalamnya lebih mudah diserap tanaman (*Rahmah, 2014*).



BAB II Tinjauan Pustaka

Kelebihan pupuk organik adalah kandungan bahan organiknya cukup tinggi. Pupuk organik juga menambah unsur hara makro dan mikro didalam tanah, sehingga dapat membantu memperbaiki struktur tanah. Pupuk organik masih tetap dimanfaatkan untuk kepentingan budidaya komoditas pertanian karena alasan sebagai berikut;

1. Memperbaiki struktur tanah. Bahan organik didalam pupuk yang telah diuraikan oleh mikroba tanah bersifat sebagai perekat dan dapat mengikat butir-butir tanah menjadi butiran yang lebih besar, sehingga membantu proses aerasi.
2. Meningkatkan daya serap tanah terhadap air. Bahan organik bersifat hidrofobik dan porous, sehingga memiliki daya serap yang tinggi terhadap air tanah.
3. Menjaga keseimbangan kehidupan biotik didalam tanah. Pupuk organik sebelum diaplikasikan ketanah terlebih dahulu diuraikan oleh jasad renik melalui proses pembusukan atau fermentasi sebelum diserap oleh akar tanaman. Dari proses pembusukan ini, jasad renik mendapatkan makanan dan sumber energi, sehingga kelangsungan dan keseimbangan kehidupan mikroba tanah dapat terjaga.
4. Sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Pupuk organik mengandung zat nutrisi lengkap walaupun kadarnya tidak setinggi pupuk anorganik.

(Wahjono, 2002).

2.2 Pupuk Organik Padat dan Pupuk Organik Cair

2.2.1 Pupuk Organik Padat

Proses pengomposan anerobik berjalan tanpa adanya oksigen. Biasanya, proses ini dilakukan dalam wadah tertutup sehingga tidak ada udara yang masuk (hampa udara). Proses pengomposan ini melibatkan mikroorganisme anaerob untuk membantu mendekomposisikan bahan yang dikomposkan. Bahan baku yang dikomposkan secara anaerob biasanya berupa



bahan organik yang berkadar air tinggi.

Pengomposan anaerobik akan menghasilkan gas metan (CH_4), karbondioksida (CO_2), dan asam organik yang memiliki bobot molekul rendah seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, asam laktat, dan asam suksinat. Gas metan bisa dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif (biogas). Sisanya berupa lumpur yang mengandung bagian padatan dan cairan. Bagian padat ini yang disebut kompos padat dan yang cair yang disebut kompos cair (Simamora, 2005).

Secara fisik, pupuk organik dapat dibedakan dalam bentuk curah dan pelet. Pupuk organik dalam bentuk curah memiliki beberapa kekurangan, antara lain lebih cepat kering dan mudah tersapu oleh hembusan angin sehingga sulit untuk diaplikasikan. Selain itu, pupuk curah juga dapat menimbulkan debu dan kondisi overdosis pada tanaman karena pelepasan nutrisi secara mendadak. Salah satu cara untuk mengatasi kekurangan pupuk curah tersebut adalah dengan membuat pupuk organik dalam bentuk pelet. Pupuk dalam bentuk pelet dapat mengurangi overdosis tanaman, memperbaiki penampilan dan kemasan produk. Pupuk dalam bentuk pelet memiliki kelebihan, yaitu dapat mereduksi volume sampai 50-80% dan juga mereduksi debu sehingga lebih mudah diangkut untuk jarak jauh. Namun, pupuk organik dalam bentuk pelet memiliki beberapa kelemahan yang antara lain mudah pecah dan hancur. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menambahkan bahan perekat dalam pembuatan pelet. Perekat merupakan salah satu faktor penting dalam proses pembuatan pelet. Fungsi dari perekat dalam pembuatan pelet adalah untuk meningkatkan sifat fisik pelet terutama kekompakan pelet. Pemilihan dan penggunaan jumlah perekat dalam pembuatan pelet perlu diperhatikan. Jika terlalu sedikit, pelet yang dihasilkan tidak sempurna atau mudah pecah. Sebaliknya, jika terlalu banyak digunakan, maka pori-pori bahan pelet akan tertutup. Perekat yang digunakan harus memiliki sifat rekat yang baik, tidak membahayakan terhadap tanaman dan juga harganya terjangkau (Isroi, 2009). Utari dkk. (2015)



menggunakan tanah liat dan tapioka sebagai perekat dalam pembuatan pupuk granul (Wardhana, 2005).

2.2.2 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik merupakan pupuk dengan bahan dasar yang diambil dari alam dengan jumlah dan jenis unsur hara yang terkandung secara alami. Dapat dikatakan bahwa pupuk organik merupakan salah satu bahan yang sangat penting dalam upaya memperbaiki kesuburan tanah. Bahkan penggunaan pupuk organik tidak akan meninggalkan residu pada hasil tanaman sehingga aman bagi kesehatan manusia pupuk organik (Musnamar, 2003).

Dapat dikatakan bahwa pupuk organik merupakan salah satu bahan yang sangat penting dalam upaya memperbaiki kesuburan tanah secara aman, dalam arti produk pertanian yang dihasilkan terbebas dari bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan manusia sehingga aman dikonsumsi.

Berdasarkan bentuknya, pupuk organik dibagi menjadi dua, yakni pupuk cair dan padat. Pupuk organik cair adalah larutan dari hasil pembusukan bahan – bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur. Sedangkan pupuk organik padat adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, dan kotoran manusia yang berbentuk padat.

Kelebihan dari pupuk cair organik adalah dapat secara cepat mengatasi defisiensi hara, tidak bermasalah dalam pencucian hara dan mampu menyediakan hara secara cepat. Dibandingkan dengan pupuk cair anorganik, pupuk organik cair umumnya tidak merusak tanah dan tanaman walaupun sesering mungkin digunakan. Selain itu, pupuk ini juga memiliki bahan



pengikat, sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah bisa langsung digunakan oleh tanaman (Alviani, 2015).

Pupuk cair dikatakan bagus dan siap diaplikasikan jika tingkat kematangannya sempurna. Pengomposan yang matang bisa diketahui dengan memperhatikan keadaan bentuk fisiknya, dimana fermentasi yang berhasil ditandai dengan adanya bercak – bercak putih pada permukaan cairan. Cairan yang dihasilkan dari proses ini akan berwarna kuning kecoklatan dengan bau yang menyengat (Syahrizal, 2015).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sofiyan Aditya dkk, (2015) tentang Studi Pembuatan Pupuk Organik Padat dari Limbah Perikanan yang bertujuan mendapatkan formulasi terbaik pada pembuatan pupuk organik padat dari limbah perikanan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu melakukan percobaan pembuatan pupuk organik padat dari limbah perikanan. Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap non faktorial dengan formulasi yang berbeda, dimana perlakuan P1 (2 kg limbah ikan), P2 (3 kg limbah ikan) dan P3 (4 kg limbah ikan). Parameter yang diuji adalah analisis pH, kadar air, total nitrogen, total fosfor dan total kalium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P3 merupakan perlakuan terbaik pada pembuatan pupuk organik padat dengan nilai rata-rata pH (6,85), kadar air (32,86%), total nitrogen (2,26%), total fosfor (1,44%) dan total kalium (0,95%).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmad Muhsin, (2011) tentang Pemanfaatan Limbah Hasil Pengolahan Pabrik Tebu Blorong menjadi Pupuk Organik Formula yang paling tepat untuk pembuatan pupuk organik dengan bahan baku utama kotoran sapi dan limbah pabrik tebu (blotong) adalah formula II yaitu komposisi 60% blotong dan 20 % kotoran sapi, dan dengan penambahan bahan tambahan lain sebanyak 20 % terdiri dari fosfat alam 5%, dolomit 5%, zeolit 5% dan



BAB II Tinjauan Pustaka

molasses 5%. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengujian kandungan pupuk yang telah sesuai dengan standar teknis persyaratan pupuk organik SNI 19-7030-2004 yaitu kadar air : 18,39 %; pH: 7,41; C : 13,18 %; BO : 22,72 %; N total : 0,93 %; P total : 1,57 %; K total : 0,30 % ; dan C/N rasio : 14,22.

Dalam rangka pengendalian mutu dan memberikan kepastian usaha bagi produsen/pelaku usaha pupuk hayati, Kementerian Pertanian telah mengeluarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 70/Permentan/SR.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Gambar 2.1 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat

NO.	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU			
			Granul/Pelet		Remah/Curah	
			Murni	Diperkaya mikroba	Murni	Diperkaya mikroba
1.	C – organik	%	min15	min15	min15	Min15
2.	C / N rasio		15 – 25	15 – 25	15 – 25	15 – 25
3.	Bahan ikutan (plastik,kaca, kerikil)	%	maks 2	maks 2	maks 2	maks 2
4.	Kadar Air ¹⁾	%	8 – 20	10 – 25	15 – 25	15 – 25
5.	Logam berat: As Hg Pb Cd	ppm ppm ppm ppm	maks 10 maks 1 maks 50 maks 2	maks 10 maks 1 maks 50 maks 2	maks 10 maks1 maks 50 maks 2	maks 10 maks 1 maks 50 maks 2
6.	pH	-	4 – 9	4 – 9	4 – 9	4 – 9
7.	Hara makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	min 4			
8.	Mikroba kontaminan: - <i>E.coli</i> , - <i>Salmonella sp</i>	MPN/g MPN/g	maks 10 ² maks 10 ²	maks 10 ² maks 10 ²	maks 10 ² maks 10 ²	maks 10 ² maks 10 ²
9.	Mikroba fungsional: - Penambat N - Pelarut P	cfu/g cfu/g	-	min 10 ³ min 10 ³	-	min 10 ³ min 10 ³
10.	Ukuran butiran 2-5 mm	%	min 80	min 80	-	-
11.	Hara mikro : - Fe total atau - Fe tersedia - Mn - Zn	ppm ppm ppm ppm	maks 9000 maks 500 maks 5000 maks 5000	maks 9000 maks 500 maks 5000 maks 5000	maks 9000 maks 500 maks 5000 maks 5000	maks 9000 maks 500 maks 5000 maks 5000
12.	Unsur lain : - La - Ce	ppm ppm	0 0	0 0	0 0	0 0

¹⁾ Kadar air atas dasar berat basah

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR.140/10/2011

**Gambar 2.2** Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Cair (POC)

NO.	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU
1.	C – organik	%	min 6
2.	Bahan ikutan : (plastik,kaca, kerikil)	%	maks 2
3.	Logam berat: - As - Hg - Pb - Cd	ppm ppm ppm ppm	maks 2,5 maks 0,25 maks 12,5 maks 0,5
4.	pH		4 – 9
5.	Hara makro: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	% % %	3 - 6 3 - 6 3 – 6
6.	Mikroba kontaminan: - <i>E.coli</i> , - <i>Salmonella sp</i>	MPN/ml MPN/ml	maks 10 ² maks 10 ²
7.	Hara mikro : - Fe total atau - Fe tersedia - Mn - Cu - Zn - B - Co - Mo	ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm	90 - 900 5 - 50 250 - 5000 250 – 5000 250 – 5000 125 – 2500 5 – 20 2 – 10
8.	Unsur lain : - La - Ce	ppm ppm	0 0

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR.140/10/2011

2.3 Proses Fermentasi Anaerob

Proses Fermentasi mengacu pada berbagai reaksi dan interaksi yang terjadi diantara bakteri metanogen dan non-metanogen serta bahan yang diumpankan kedalam digester sebagai input. Ini adalah phisio-kimia yang kompleks dan proses biologis yang melibatkan berbagai faktor dan tahapan bentuk. Penghancuran input yang merupakan bahan organik dicapai dalam 3 tahapan yaitu hidrolisa, *acidification* dan *methanization*.

Bahan organik dari limbah pertanian masih dapat diuraikan menjadi bentuk lain dengan cara aerob maupun



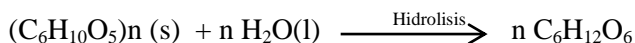
BAB II Tinjauan Pustaka

anaerob. Hasil akhir dari kedua macam fermentasi tersebut berbeda, tergantung dari cara yang digunakan. Fermentasi secara aerob akan menghasilkan humus, ammonia (NH_3) dan karbondioksida (CO_2). Proses fermentasi secara anaerob akan menghasilkan biogas dan limbah (*sludge*) (Wahyuni, 2013).

Menurut Soeprijanto (2006), pada prinsipnya proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu menguraikan bahan organik menjadi produk yang berupa gas metana (50-70%) dan gas CO_2 (25-45%) serta sisanya gas lain dalam jumlah yang sedikit. Proses anaerobik dapat dipakai untuk mengolah limbah cair dari industri pengalengan makanan, minuman, alkohol, dan lain-lain. Proses penguraian bahan organik menjadi gas bio melalui beberapa tahapan proses yaitu :

1. Tahap Hidrolisis

Pada tahap ini, mikroorganisme hidrolitik menguraikan senyawa organik kompleks menjadi molekul-molekul sederhana menggunakan air untuk memisahkan ikatan-ikatan kimia diantara bahan-bahan. Agar dapat mudah diuraikan maka senyawa organik kompleks bila dalam bentuk padat harus dipotong-potong terlebih dahulu untuk memudahkan transport melintasi membran sel bakteri. Hasil dari reaksi hidrolitik adalah molekul-molekul sederhana dengan rantai pendek termasuk glukosa, asam amino, asam organik, etanol, karbon dioksida dan energi bagi bakteri yang melakukan fermentasi. Pada tahap ini pH optimal adalah 6-7. Reaksi:

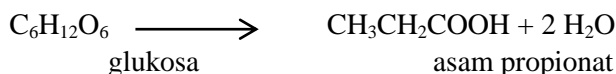
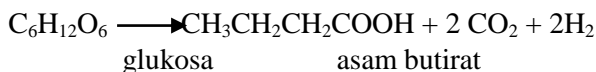


2. Tahap Asidogenesis

Pada tahap ini, terjadi proses dekomposisi bahan kimia seperti karbohidrat oleh enzim, bakteri, *yeast* atau mold dalam kondisi tidak ada oksigen. Pada proses



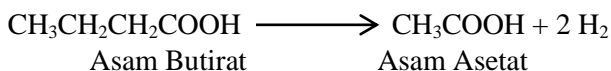
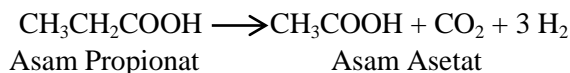
asidogenesis, hasil yang diperoleh dari proses hidrolisis kemudian dimetabolisme oleh aktivitas bakteri hidrolitik dan non hidrolitik. Bakteri yang berperan dalam tahapan asidogenesis adalah bakteri asedogenik seperti *Syntrophoma nas wolfei* yang menghasilkan asam asetat, asam propionat, asam butirat, hidrogen dan karbon dioksida. Selain itu, dihasilkan juga sejumlah kecil asam formiat, asam laktat, asam valerat, metanol, etanol, butanediol dan aseton. Reaksi asidogenesis dapat dilihat dibawah ini :



3. Tahap Asetogenesis (Pembentukan Asam)

Pada tahap ini, produk-produk fermentasi diubah menjadi senyawa asetat, asam-asam lemak, CO_2 dan hidrogen dari molekul-molekul sederhana yang tersedia oleh bakteri *acetogenic* atau bakteri *acetogen* penghasil hidrogen.

Reaksi :

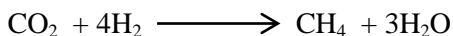
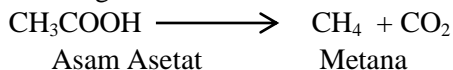


4. Tahap Metanogenesis (Pembentukan Metan)

Pada tahap ini pembentukan gas metana (CH_4) dari senyawa asetat, ataupun dari hidrogen dan CO_2 oleh bakteri *methanogenic* (metanogen). Bakteri metanogen adalah bakteri obligate anaerob yang pertumbuhannya lebih lambat daripada bakteri yang ada pada tahap satu



dan dua. Bakteri ini sangat tergantung pada pada tahap satu dan dua untuk menghasilkan nutrisi dalam bentuk yang sesuai. Salah satu fungsi bakteri metanogen adalah mengurangi hidrogen seminimal mungkin di dalam medium dengan jalan menggunakan hidrogen untuk mereduksi CO_2 menjadi produk akhir yang inert (gas yang tidak dapat bereaksi secara kimia dengan zat lain) yaitu CH_4 . Proses metanogenesis terjadi optimum pada pH sekitar netral (6,8-7,4) dan apabila pH optimum turun menjadi 6,4 atau lebih rendah, maka pembentukan gas metana dari hidrogen dan CO_2 akan terhambat. Reaksi :



Pada proses fermentasi dalam digester terjadi perombakan anaerobic bahan organik menjadi biogas dan asam organik yang mempunyai berat molekul rendah (asam asetat, asam propionate, asam butirat dan asam laktat). Dengan demikian konsentrasi N, P dan K akan meningkat. Dengan keadaan seperti ini, *sludge* (lumpur biogas) sudah menjadi pupuk organik yang dapat dipisahkan menjadi pupuk organik padat dan pupuk organik cair. Unsur hara yang ada dalam pupuk organik cair sebagian dapat langsung diserap tanaman, sebagian lagi cepat terurai sehingga cepat juga diserap tanaman. Menurut Suzuki dan kawan-kawan dalam penelitiannya di Vietnam tahun 2001, *sludge* yang berasal dari biogas sangat baik untuk dijadikan pupuk karena mengandung berbagai mineral yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti fosfor (P), magnesium (Mg), kalsium (Ca), kalium (K), tembaga (Cu) dan seng (Zn) (Simamora, 2005).



2.4 Slurry dari Proses Biogas

Biogas merupakan teknologi pembentukan energi dengan memanfaatkan limbah, seperti limbah pertanian, limbah peternakan, dan limbah manusia. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa udara (anaerobik).

Prinsip dasar teknologi biogas adalah proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen (anaerob) untuk menghasilkan campuran dari beberapa gas, seperti metan dan CO_2 . Biogas dihasilkan dengan bantuan metanogen atau metanogenik. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti limbah ternak dan sampah organik. Proses tersebut dikenal dengan istilah *anaerobic digestion* atau pencernaan secara anaerob. Umumnya, biogas diproduksi menggunakan alat yang disebut reaktor biogas (*digester*) yang dirancang agar kedap udara (anaerobik), sehingga proses penguraian oleh mikroorganisme dapat berjalan secara optimal (Wahyuni, 2011).

Menurut Bahrin (2011), biogas yang dihasilkan dari sampah organik merupakan gas yang mudah terbakar (*flammable*) dan didominasi senyawa methana (CH_4) dan senyawa CO_2 . Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob yang tahan pada wilayah atau area yang kedap udara. Semua jenis bahan organik yang mengandung senyawa karbohidrat, protein, lemak bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Namun, keheterogenan sampah organik dapat mengakibatkan bakteri anaerobik tidak dapat hidup sehingga perlu pengolahan lebih lanjut agar sampah tersebut benar-benar dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi biogas. Kandungan metana dalam biogas yang diproduksi oleh reaktor/digester berbeda-beda tergantung jenis *feed*, komposisi masukan, dan lama waktu fermentasi serta kapasitas reaktor. Biogas yang dihasilkan mengandung gas metana sebesar 50-80



BAB II Tinjauan Pustaka

(% Volume) dan gas karbondioksida 20-50 (% Volume). Sistem produksi biogas dibedakan menurut cara pengisian bahan bakunya yaitu pengisian curah dan kontinyu. Proses pembuatan biogas dengan menggunakan biodigester pada prinsipnya adalah menciptakan suatu sistem kedap udara dengan bagian-bagian pokok yang terdiri dari tangki pencerna (*digester tank*), lubang *input* bahan baku, lubang *output* lumpur sisa hasil pencernaan (*slurry*) dan lubang penyaluran biogas yang terbentuk. Dalam digester terkandung bakteri metana yang akan mengolah limbah organik menjadi biogas (Mayasari, 2010).

Slurry dapat ditingkatkan nilai ekonomisnya dengan diolah menjadi pupuk organik cair. Menurut Suzuki et al (2001) dalam Oman (2003), *sludge* yang berasal dari biogas (*slurry*) sangat baik untuk dijadikan pupuk karena mengandung berbagai macam unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti P, Mg, Ca, K, Cu dan Zn tetapi jumlahnya sedikit. *Slurry* biogas memiliki sumber karbon sebesar 1,12% w/w dan kandungan N 0,01% (Widodo, 2007).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ludfia, (2017) tentang Pengaruh Penambahan Eceng Gondok dan Limbah Cair Pengolahan Tahu Pada Produksi Biogas Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia *Sludge*. Eceng gondok dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran isian digester dan limbah cair pengolahan tahu dapat digunakan sebagai pengencer bahan isian digester biogas. Penelitian ini terdiri dari tiga perlakuan untuk perlakuan control (P0), perlakuan pertama (P1) dan perlakuan kedua (P2), dengan perbandingan eceng gondok 0%, 2,5% dan 5%. Parameter yang diamati meliputi pH *Sludge*, temperatur *Sludge*, temperature dan kelembaban lingkungan, analisis kadar air, bahan organik, N, P dan K. Data yang diperoleh dihitung dengan analisis variansi rancangan acak lengkap pola searah dan apabila menunjukkan perbedaan dilanjutkan uji beda mean *Duncan's New Multiple Range Test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan komposisi eceng



gondok mempunyai pengaruh yang tidak nyata ($P>0,05$) terhadap pH *Sludge*, temperature *Sludge*, temperature dan kelembaban lingkungan, analisis kadar air, bahan organik, N, P dan K. Kandungan N, P dan K menunjukkan kecenderungan meningkat dengan meningkatnya volume eceng gondok. Hasil rata-rata N, P, K, C/N rasio, BOD dan COD *Sludge* adalah $0,72\pm0,57$ (P0), $0,87\pm0,78$ (P1), $0,85\pm0,25$ (P2) rata-rata kadar N, $0,25\pm0,14$ (P0), $0,24\pm0,22$ (P1), $0,38\pm0,32$ (P2) rata-rata kadar P, $0,36\pm0,11$ (P0), $0,44\pm0,14$ (P1), $0,63\pm0,32$ (P2) rata-rata kadar K. Perbedaan komposisi penambahan eceng gondok ke dalam isian digester tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan unsur hara makro yang dihasilkan oleh digester biogas. Pupuk organik yang dihasilkan dengan perbandingan penambahan eceng gondok 5% (0,85% N, 0,38% P, 0,65% K, 34,37%). Komposisi pupuk organik rendah karena adanya dekomposisi oleh bakteri, tetapi kandungan unsur hara makro masih berada dalam kisaran standar sebagai pupuk organik. Kesimpulan yang dapat digunakan sebagai sumber bahan baku biogas menghasilkan pupuk organik yang dapat membantu mengembalikan kondisi kesuburan tanah.

2.5 Reaktor Biogas

Dalam pemilihan jenis reaktor biogas dapat dibedakan dari segi aliran bahan baku dan segi konstruksi. Menurut Mayasari (2010), pemilihan jenis reaktor biogas dari segi aliran juga dapat dibedakan lagi menjadi 2 tipe yaitu :

1. Tipe *Batch Digestion*

Pada tipe reaktor *batch*, bahan baku reaktor ditempatkan di dalam wadah (ruang tertentu) dari awal hingga selesainya proses digesti. Umumnya digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik.

2. Tipe *Continous Digestion*

Untuk tipe ini, aliran bahan baku masuk dan residu keluar pada selang waktu tertentu. Lama bahan baku selama



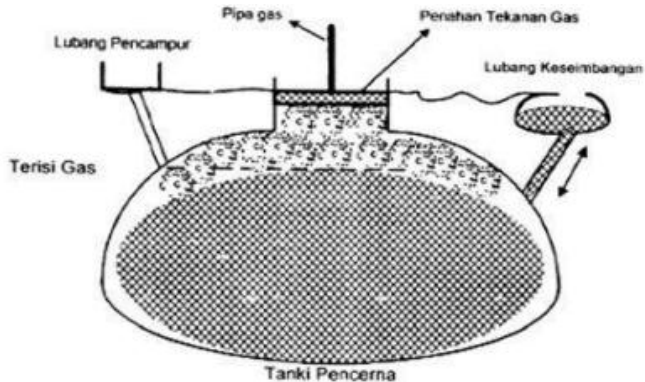
dalam reaktor disebut waktu retensi hidrolis (*Hydraulic Retention Time/HRT*) Pemilihan jenis reaktor disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan pembiayaan.

Dari segi konstruksi, reaktor biogas yang dibedakan menjadi:

1. Reaktor kubah tetap (*Fixed-dome*)

Reaktor ini disebut juga reaktor china. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di china sekitar tahun 1930-an, kemudian sejak saat itu reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Pada reaktor ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah.

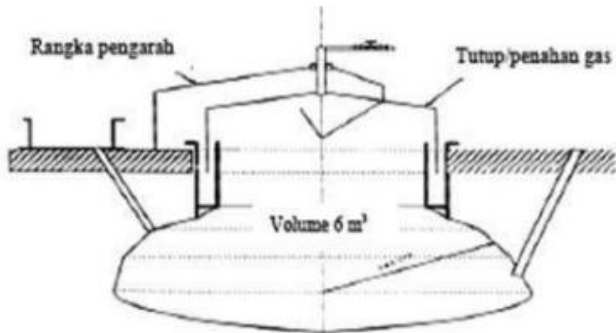
Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sedangkan kerugian dari reaktor ini adalah seringnya terjadi kehilangan gas pada bagian kubah karena konstruksi tetapnya.



Gambar 2.3 Reaktor Kubah Tetap (*Fixed Dome*)

2. Reaktor *floating drum*

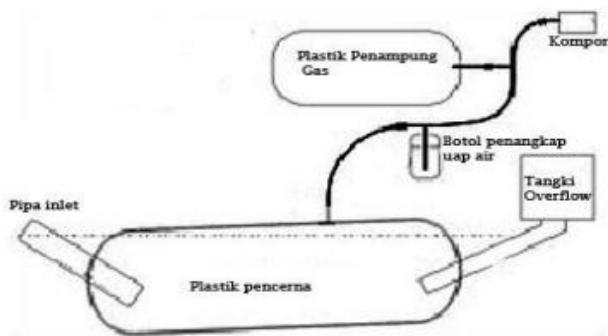
Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak menggunakan drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Sedangkan kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal. faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan menggunakan tipe kubah tetap.



Gambar 2.4 Reaktor Terapung (*Floating Drum*)

3. Reaktor Balon (*Ballon Reactor*)

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari bagian yang berfungsi sebagai digester dan bagian penyimpanan gas yang berhubungan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang



Gambar 2.5 Reaktor Balon (*Ballon Reactor*)



2.6 Pemanfaatan Biomassa

Menurut Rachman Sutanto (2002), Sumber bahan organik yang umum dimanfaatkan sebagai pupuk organik berasal dari pertanian, industri, dan limbah rumah tangga. Bahan organik pada pertanian yang dimanfaatkan sebagai pupuk organik yaitu limbah dan residu berupa jerami dan sekam padi, gulma, daun, batang dan tongkol jagung, semua bagian vegetatif tanaman, batang pisang, dan sabut kelapa. Selain itu, limbah dan residu ternak juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik berupa kotoran padat, limbah ternak cair, limbah pakan ternak, tepung tulang, dan cairan proses biogas. Tanaman hijau salah satunya lamtoro dan tanaman air berupa azola, ganggang biru, rumput laut, eceng gondok juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pupuk kandang yang berasal dari kotoran sapi atau ayam merupakan pupuk organik yang umum digunakan dalam pemupukan organik, tetapi hanya mampu memberikan unsur hara dalam jumlah terbatas. Tumbuhan daun lamtoro ini memiliki banyak kegunaan, salah satunya adalah sebagai pupuk organik yang mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Semua unsur hara yang terkandung merupakan unsur hara esensial yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam pertumbuhan dan perkembangannya.

Pupuk organik memacu dan meningkatkan populasi mikrobial didalam tanah jauh lebih besar daripada hanya memberikan pupuk kimia. Pupuk organik merupakan bahan pembenah tanah paling baik dibanding bahan pembenah lainnya. Pada umumnya nilai pupuk yang dikandung pupuk organik terutama unsur makro nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) rendah, tetapi pupuk organik juga mengandung unsur mikro esensial yang lain. Sebagai bahan pembenah tanah, pupuk organik membantu dalam mencegah terjadinya erosi dan mengurangi terjadinya retakan tanah. Pemberian bahan organik mampu



BAB II Tinjauan Pustaka

meningkatkan kelembapan tanah dan memperbaiki pengatusan dakhil. Berikut persentase kandungan NPK pada bahan organik;

Tabel 2.1 Kandungan unsur hara beberapa bahan organik

Bahan	Nitrogen	Fosfor	Kalium
Daun lamtoro	4,0	0,3	2,5
Azolla	3,5	1,2	2,5
Jerami Padi	0,8	0,2	-
Blotong	0,2	4,0	1,5
Kotoran Sapi	0,5	2,5	0,5
Guano	0,5	27,5	0,2
Kotoran Ayam	1,0	9,5	0,3

Sumber : Laboratorium Ilmu Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fak. Pertanian UGM

2.6.1 Daun Lamtoro



Gambar 2.6 Tanaman Lamtoro

Tanaman lamtoro merupakan leguminosa pohon yang mempunyai perakaran yang dalam dan daun lamtoro mengandung protein kasar yang cukup tinggi yakni 27-34% dari bahan kering. Daun-daun dari tanaman lamtoro dapat digunakan sebagai sumber bahan organik pada pertanian organik. Keunggulan dari daun



lamtoro adalah daun lamtoro mengandung protein 25,9%; karbohidrat 40%; tanin 4%, mimosin 7,19%, kalsium 2,36%, posfor 0,23%, b-karotin 536,0 mg/kg, dan energi 20,1 kj/g. Daun lamtoro yang memiliki unsur hara yang majemuk menjadi alternatif sebagai pupuk organik (Samanhudi dkk, 2014).

Tanaman lamtoro dapat menyediakan protein yang cukup tinggi, mudah didapat sepanjang tahun, mengandung sejumlah tannin sehingga dapat mencegah kembung pada ruminansia, melindungi dari degradasi protein yang berlebihan oleh mikroba rumen dalam metabolisme protein. Tanaman lamtoro memiliki kandungan protein kasar sebesar 23.7% - 34% dan mempunyai palatabilitas tinggi. Indonesia memiliki potensi lahan dengan sifat tanah kering masam yang luas. Berdasarkan penelitian Hidayat dan Mulyani (2005) potensi luas lahan kering masam di Indonesia sebesar 99.6 juta hektar yang tersebar di Kalimantan, Sumatera, Maluku, Papua, Sulawesi, Jawa dan Nusa Tenggara. Kemasaman tanah dapat disebabkan karena kandungan aluminium tanah yang cukup tinggi. Logam aluminium bisa menjadi racun bagi tanaman yang tumbuh (Manpak dkk, 2017).

2.6.2 Tanaman Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Eceng gondok pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama Carl Friedrich Philipp von Martius. Eceng gondok tumbuh dikolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, tempat-tempat penampungan air. Tumbuhan ini dapat beradaptasi dengan perubahan yang ekstrem dari ketinggian air, arus air, pH, ketersediaan nutrient, temperatur dan racun-racun dalam air. Tumbuhan ini mempunyai kecepatan tumbuh sangat tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma atau tumbuhan pengganggu yang dapat merusak lingkungan perairan karena dengan mudah merusak serta menyebar kesaluran air dan sebagainya. Walaupun eceng gondok dianggap sebagai gulma diperairan, tetapi sebenarnya eceng gondok dapat berperan dalam



BAB II Tinjauan Pustaka

menangkap polutan logam berat. Selain itu eceng gondok sendiri mengandung Asam Sianida, Triterpenoid, kaya kalsium dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar dibandingkan komponen organik tunggal lainnya. Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang merupakan campuran polimer yang jika dihidrolisis menghasilkan dua senyawa campuran sederhana berupa gas metana dan karbon dioksida (CO_2) yang biasa disebut biogas (Yonathan, 2013).



Gambar 2.7 Tanaman Eceng Gondok di Danau Kampus ITS



2.6.3 Kotoran Sapi



Gambar 2.8 Kotoran Sapi

Upaya mewujudkan ketahanan energi tidak dapat dilepaskan dari isu-isu lingkungan baik lokal maupun global. Persoalan lingkungan pada tingkat lokal dari adanya peternakan adalah timbulnya pencemaran udara yang muncul dari kotoran ternak salah satunya kotoran sapi. Pengembangan biogas yang berbahan baku kotoran sapi merupakan salah satu alternatif penyediaan energi di tingkat lokal, namun memiliki kontribusi terhadap pengurangan persoalan lingkungan yang bersifat lokal maupun global. Pada tingkat lokal, pengembangan biogas dapat mengurangi terjadinya pencemaran udara dan pencemaran air sungai. Pada tingkat global, pengembangan biogas memberikan kontribusi dalam mengurangi efek rumah kaca. Pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas diharapkan dapat memberikan nilai tambah pada usaha peternakan (Setyawan, 2013).

Kotoran sapi mempunyai C/N ratio sebesar 16,6-25%. Produksi gas metan sangat tergantung oleh rasio C/N dari substrat. Rentang rasio C/N antara 25-30 merupakan rentang optimum untuk proses penguraian anaerob. Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan terkonsumsi sangat cepat oleh bakteri-bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan lagi bereaksi dengan sisa karbonnya.



Sebagai hasilnya produksi gas akan rendah. Di lain pihak, jika rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk NH_4OH (Ludfia, 2012).

Komposisi Kotoran Sapi Jumlah (%) Hemiselulosa 18,6, Selulosa 25,2, Lignin 20,2 Nitrogen 1,67 Fosfat 1,11 Kalium 0,56. Secara umum bakteri yang terdapat di dalam kotoran sapi mempunyai sifat yang heterotrop, yaitu bakteri yang memerlukan sumber karbon dalam bentuk senyawa organik, hal ini diduga karena di dalam kotoran sapi perah terdapat bahan organik yang cukup besar. Identifikasi bakteri menurut Ellin Harlia dan Denny Suryanto tahun 2011, jumlah bakteri pada kotoran sapi secara kuantitatif berjumlah $2,54 \times 10^7$ sel cfu/g dengan rasio C/N kotoran sapi sebesar 35, sedangkan identifikasi secara kualitatif meliputi bakteri *Methanobacterium formicum*, *Methanobacterium mobilis*, *Methanobacterium propionicum*, *Methanobacterium ruminantium*, *Methanobacterium soehngeni*, *Methanobacterium suboxydans*, *Methanococcus mazei*, *Methanobacterium vannieli*, *Methanosarcina barkeri*, dan *Methanobacterium methanica* (Renzo, 1977).

2.7 Kandungan Unsur Hara Makro Pupuk dan Fungsinya pada Tanaman

Secara garis besar tanaman atau tumbuhan memerlukan 2 (dua) jenis unsur hara untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan yang optimal. Dua jenis unsur hara tersebut disebut unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro adalah unsur-unsur hara yang dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah banyak. Ada 6 unsur hara makro, yaitu nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan sulfur (S).

1. Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan unsur hara utama penunjang pertumbuhan vegetatif tanaman. Unsur ini berperan



dalam pembentukan sel dan jaringan didalam tanaman, seperti akar, batang, daun dan awal pembentukan bunga. Dengan adanya nitrogen, daun akan menjalankan fungsinya dengan baik dalam proses fotosintesis. Hasil fotosintesis yang sempurna akan berpengaruh pada pertumbuhan daun, jumlah daun lebih banyak, helaian lebar dan tampak mengilap. Pada bunga, hasil fotosintesis yang sempurna membuatnya mekar sempurna dan berwarna lebih cerah.

2. Fosfor atau Phospor (P)

Fosfor dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan vegetatif, seperti pembentukan akar (terutama tanaman muda), pembentukan inti sel dan pembelahan sel, merangsang pembungaan, pembentukan biji, serta memperkuat daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit. Pertumbuhan akar juga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan fosfor yang memadai. Jumlah akar yang banyak membuat tanaman dapat menyerap air beserta unsur hara lebih banyak. Fosfor sangat berpengaruh dalam proses pembungaan serta produksi buah dan biji.

3. Kalium (K)

Kalium berperan memperlancar semua proses yang terjadi didalam tanaman. Kalium akan memperkuat jaringan sehingga daun, bunga dan buah tidak mudah rontok. Disamping itu, kalium juga berpengaruh dalam pembentukan protein dan pembelahan sel. Peran kalium dapat terlihat pada pertumbuhan vegetatif tanaman, seperti ketegaran batang, warna daun dan jumlah serabut akar yang banyak.

4. Kalsium (Ca)

Bagi tanaman, kalsium berperan dalam mengatur dan merawar dinding sel. Kalsium terakumulasi pada bagian jaringan tanaman yang tua. Zat kapur ini banyak



terdapat pada daun dan batang sebagai penyusun sel. Fungsi utamanya adalah substansi perekat, pengatur permeabilitas dalam sel dan sangat esensial pada cairan sel.

5. Magnesium (Mg)

Magnesium bertugas membentuk klorofil dan butir hijau daun. Unsur ini sangat diperlukan agar fotosintesis berjalan dengan lancar.

6. Sulfur (S)

Seperti pada fosfor dan kalium, sulfur (belerang) juga berperan dalam proses sintesis protein, memperkeras protoplasma untuk daya tahan terhadap kekeringan dan hawa dingin, penyusun asam amino sistein dan merionin, serta penyusun koenzim A dan vitamin-vitamin tertentu. Sulfur juga berfungsi memperlancar kinerja unsur lain, sekaligus memproduksi energi (Budiana, 2007).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Yuli Astuti, (2008) tentang Analisis Kandungan N, P dan K Pada Lumpur Hasil Ikutan Gas Bio (Sludge) yang Terbuat dari Feses Sapi Perah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan N, P_2O_5 dan K_2O pada lumpur hasil ikutan pembentukan gasbio yang terbuat dari feses sapi perah, sebagai indikator untuk mengetahui kualitas lumpur yang akan digunakan sebagai pupuk organik. Metode yang dipakai adalah metode eksplorasi terhadap peternak sapi perah yang memasang instalasi gasbio di desa Haurngombong, Kecamatan Pamulihan - Sumedang. Peubah yang diamati adalah kandungan N, P_2O_5 dan K_2O pada lumpur hasil ikutan gasbio, temperatur sebagai data pendukung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perbedaan nisbah C/N substrat (campuran feses sapi perah dan serbuk gergaji) yang digunakan peternak sebagai bahan pembentukan gasbio. Kandungan N, P_2O_5 dan K_2O pada lumpur dari substrat feses sapi perah berturut-turut sebagai berikut N (0,82%); P_2O_5 (0,20%) dan



K_2O (0,82%) dan kandungan N-total, P_2O_5 dan K_2O pada lumpur dari substrat feses sapi perah dan serbuk gergaji berturut-turut sebagai berikut N-total (1,06%); P_2O_5 (0,77%) dan K_2O (1,04%).



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan inovasi ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut :

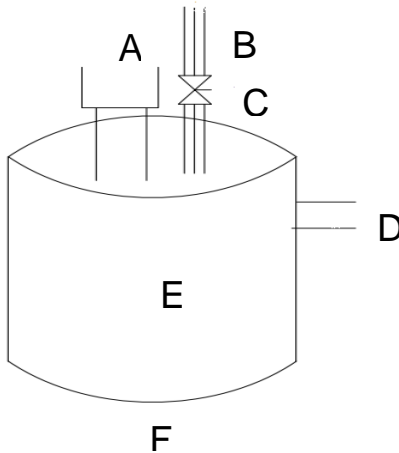
1. *Aquadest* atau air
2. Bahan perekat pelet (Tepung Kanji)
3. Eceng Gondok
4. Kotoran Sapi
5. Daun Lamtoro
6. Larutan H_2SO_4 : untuk analisa hemiselulosa, selulosa dan lignin

3.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan inovasi ini diantaranya sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------------|--------|
| 1. Alat Pembuat Granul (Pelet) | 1 unit |
| 2. <i>Beaker Glass</i> 1000 ml | 2 unit |
| 3. Bioreaktor | 1 unit |
| 4. Cawan | 1 unit |
| 5. Corong | 1 unit |
| 6. <i>Crusher</i> | 1 unit |
| 7. Gelas Ukur 1000 ml | 2 unit |
| 8. Oven | 1 unit |
| 9. Timbangan Elektrik | 1 unit |

Pada metode yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rancangan alat penelitian seperti pada **Gambar 3.1** dibawah ini:



Ket :

A : *Feed input*

B : Saluran pipa keluar gas

C : *valve outlet gas*

D : Saluran pipa keluar *sludge*

E : Digester

F : Saluran pipa pembuangan

Gambar 3.1 Skema Peralatan Bioreaktor

Penjelasan dari peralatan Bioreaktor yaitu :

1. *Feed Input*

Feed Input berfungsi sebagai tempat masuknya bahan penghasil biogas yang terdiri dari penambahan air dalam perbandingan 1:2 pada proses *Crushing* dan *homogenisasi* dan Campuran antara Kotoran Sapi dengan air dalam perbandingan 2:1.

2. Saluran pipa keluar gas dan *Valve Outlet Gas*

Saluran pipa keluar gas dan *Valve Outlet Gas* berfungsi sebagai tempat keluarnya gas *methane* yang dihasilkan dari proses anaerob di dalam Bioreaktor.

3. Saluran Keluaran *Sludge*

Pipa keluaran *Sludge* berfungsi sebagai tempat keluarnya *Sludge* yang sudah terkumpul penuh pada penampung *Sludge*.

4. Digester



Didalam digester terjadi proses fermentasi anaerob eceng gondok untuk menghasilkan biogas, limbah padat dan limbah cair.

5. Pipa Keluaran Seluruh *Sludge*

Pipa keluaran seluruh *Sludge* berfungsi sebagai pipa yang mempermudah pembersihan seluruh *sludge* yang dihasilkan dari proses anaerob di dalam Reaktor *Plug Flow*.

3.3 Variabel yang Dipilih

Variabel percobaan yang digunakan dalam inovasi ini, yaitu :

1. *Hydraulic Retention Time* (HRT) adalah selama 21 hari
2. Eceng gondok sebagai bahan baku utama
3. Eceng gondok sebagai bahan baku utama dengan penambahan bahan organik lain

3.4 Prosedur Percobaan

3.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

3.4.1.1 Eceng Gondok

1. Mengambil eceng gondok yang ada di sungai daerah ITS
2. Memotong dengan ukuran sekitar ± 6 cm menggunakan pisau
3. Menghancurkan eceng gondok menggunakan *crusher*
4. Menimbang eceng gondok sesuai variabel HRT
5. Memasukkan eceng gondok ke dalam bioreaktor setiap hari

**3.4.1.2 Limbah Kotoran Sapi****3.4.1.2.1 Limbah Kotoran Sapi sebagai Starter**

1. Mengambil kotoran sapi yang masih segar dan cukup
2. Menimbang kotoran sapi yang masih segar dengan timbangan
3. Mencampur kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:1
4. Memasukkan campuran kotoran sapi ke dalam bioreaktor
5. Menginkubasi kotoran sapi selama 7 hari hingga terdapat biogas di dalam bioreactor

3.4.1.2.1 Limbah Kotoran Sapi sebagai bahan organik tambahan

1. Mengambil kotoran sapi yang masih segar dan cukup
2. Menimbang kotoran sapi yang masih segar sesuai variabel HRT
3. Memasukkan kotoran sapi ke dalam bioreaktor setiap hari

3.4.1.3 Daun Lamtoro

1. Mengambil daun lamtoro yang ada di sekitaran kampus ITS
2. Menimbang daun lamtoro sesuai variabel HRT
3. Memasukkan daun lamtoro ke dalam bioreaktor setiap hari

3.4.2 Tahap Pembuatan Biogas

1. Menyiapkan bioreaktor



2. Memasukkan eceng gondok, daun lamtoro dan kotoran sapi ke dalam bioreaktor yang sudah terisi kotoran sapi selama 7 hari
3. Mengamati volume gas yang telah dihasilkan dalam rentang waktu 24 jam

3.4.3 Tahap Pembuatan Pupuk Organik

3.4.3.1 Tahap Persiapan

1. Menunggu proses anaerobik di dalam bioreaktor selama HRT yang telah di tentukan
2. Mengambil slurry berupa padatan dan cairan dari hasil proses anaerobik tersebut
3. Menganalisa kandungan C, N, P dan K dari slurry tersebut

3.4.3.2 Tahap Pembuatan Pupuk Organik Padat

1. *Sludge* padat yang di dapat dari hasil proses pembuatan biogas diletakkan didalam ember
2. Mengeringkan selama \pm 24 jam dan kemudian menghaluskannya
3. Menambahkan bahan perekat (Tepung Kanji)
4. Memasukkan ke dalam alat pembuat granul
5. Kemudian dikemas dalam wadah plastik

3.4.4 Tahap Analisa

3.4.4.1 Tahap Analisa Gas yang Dihasilkan

1. Menyiapkan air secukupnya dalam ember
2. Mencelupkan gelar ukur 1000 ml ke dalam air pada ember
3. Mengamati tinggi air dalam gelas ukur 1000 ml setiap 1 hari

**3.4.4.2 Tahap Analisa Kadar Air**

1. Mengambil 1 gram sampel ditempatkan di dalam cawan porselen
2. Cawan yang telah berisi sampel dipanaskan didalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam

3.4.4.3 Tahap Analisa Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin

1. Satu gram sampel kering (berat A) ditambah 150 ml H_2SO_4 dan di refluk pada suhu 100°C dengan *water bath* selama 1 jam. Kemudian hasilnya disaring dan diresidu dicuci dengan air panas 300 ml. Residu kemudian dikeringkan dengan oven sampai beratnya konstan, kemudian ditimbang (berat B).
2. Residu ditambah 150 ml H_2SO_4 1 N, kemudian direfluk dengan *water bath* selama 1 jam pada suhu 100 °C. Hasil disaring dan dicuci sampai netral (300 ml) dan residu dikeringkan dalam oven kemudian ditimbang (berat C).
3. Residu kering ditambah 100 ml H_2SO_4 72% dan direndam pada suhu kamar selama 4 jam. Di tambahkan 150 ml H_2SO_4 1 N dan direfluk pada suhu 100 °C dengan *water bath* selama 1 jam pada pendingin balik. Residu disaring dan dicuci dengan H_2O sampai netral (400 ml).
4. Residu kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 105 °C sampai beratnya konstan dan ditimbang (berat D).
5. Selanjutnya residu diabukan dengan *furnace* pada suhu 575 °C selama 3 jam dan ditimbang (berat E).



Kadar Hemiselulosa	$= \frac{B-C}{A} \times 100\%$
Kadar Selulosa	$= \frac{C-D}{A} \times 100\%$
Kadar Lignin	$= \frac{D-E}{A} \times 100\%$

3.4.4.4 Tahap Analisa N, P dan K

3.4.4.4.1 Analisa Kadar N Total (Metode Kjehdal)

1. Menimbang ± 10 gr masukam ke dalam labu kjehdal. Menambahkan ± 3 gr katalisator selenium campuran ke dalam labu tersebut. Tambahkan $\pm \text{H}_2\text{SO}_4$ pekat teknis 30 ml. Panaskan dengan pemanas api kecil ± 30 menit.
2. Pemanasan dilanjutkan dengan api besar sampai menjadi jernih (kehijauan) kemudian didinginkan.
3. Pindahkan hasil destruksi contoh, tambahkan aquades dan pindahkan ke labu ukur 250 ml. Tepatkan dengan aquades dan kocok hingga homogen.
4. Pipet 25 ml larutan contoh ke dalam labu didih, tambah beberapa batu didih.
5. Hubungkan dengan pendingin bilik (kondensor) + NaOH 30% 50 ml.
6. Kemudian didistilasi. Hasil distilasi ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 20 ml H_3BO_3 1% dengan indikator campuran conway.
7. Setelah distilasi selesai, larutan distilasi dititrasi dengan H_2SO_4 0,05 N sampai warna menjadi pink.



8. Lakukan blanko.

$$\%N = \frac{(T-B1) \times NH_2SO_4 \times 14}{10036,4} \times \frac{250}{25} \times 100\%$$

Keterangan :

T	= Berat sampel (gr)
B1	= Berat blanko (gr)
14	= BM nitrogen
10036,4	= Faktor pengenceran
250	= Volume pengenceran
25	= Volume larutan contoh

3.4.4.4.2 Analisa Fosfor (P) total sebagai P₂O₅

1. Pipet 5 mL larutan contoh dan masing-masing larutan standar fosfat ke dalam labu ukur 100 mL
2. Tambahkan 45 mL air suling, diamkan selama 5 menit
3. Tambahkan 20 mL pereaksi molibdovanadat dan encerkan dengan air suling hingga tanda tera dan kocok
4. Biarkan pengembangan warna selama 10 menit
5. Lakukan pengerjaan larutan blanko
6. Optimasi spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm
7. Baca absorbansi larutan contoh dan standar pada spektrofotometer
8. Buat kurva standar
9. Hitung kadar P₂O₅ dalam contoh.



$$\text{Fosfor total sebagai P}_2\text{O}_5, \%, \text{ b/b} = \frac{C \times P}{W} \times 100 \times \frac{100}{100 - KA}$$

Keterangan :

C : mg P_2O_5 dari pembacaan kurva standar

P : faktor pengenceran

W : berat contoh (mg)

KA : kadar air (%)

3.4.4.4.3 Analisa Kadar Kalium sebagai K_2O

1. Timbang teliti 2,5 g contoh yang siap uji dalam 250 mL gelas piala
2. Tambahkan 50 mL $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 4 %, 125 mL air suling dan didihkan selama 30 menit, dinginkan
3. Pindahkan ke dalam labu ukur 250 mL, tepatkan sampai tanda tera dengan air suling
4. Saring atau diamkan hingga jernih
5. Ambil 15 mL larutan tersebut, masukkan dalam labu ukur 100 mL
6. Tambahkan 2 mL NaOH 20 % , 5 mL HCHO
7. Tambahkan 1 mL STPB (Natrium tetrafenilboron) untuk tiap 1% K_2O , tambahkan 8 mL untuk berlebihan
8. Tepatkan sampai tanda tera dengan air suling, aduk dan biarkan 5 – 10 menit, saring dengan kertas saring Whatman No. 12
9. Ambil 50 mL filtrat masukkan ke dalam erlenmeyer 125 mL, tambahkan 6 – 8 tetes indikator Titan yellow dan titar dengan larutan standar BAC (Benzalkonium klorida).

$$\% \text{K}_2\text{O} = (\text{mL penambah STPB} - \text{mL BAC}) \times F \times \frac{100}{100 - KA}$$



3.4.4.5 Tahap Analisa Total Karbon

1) Persiapan contoh uji

- a. Masukkan contoh uji kedalam labu ukur 50 mL
- b. Bila contoh uji diawetkan, lakukan *purging* dengan mengalirkan gas oksigen murni kedalam contoh uji.

2) Pembuatan larutan induk karbon total (TC) 1000 mg/L

- a. Menimbang teliti 2,1254 g kalium hidrogen ftalat ($C_8H_5KO_4$) yang telah dipanaskan pada suhu $110^\circ C$ kurang lebih 1 jam
- b. Mengangkat dan mendinginkan di desikator.
- c. Melarutkan dengan air suling bebas karbon dalam labu ukur 1000 mL lalu tepatkan sampai tanda tera dan menghomogenkan.

3) Pembuatan larutan baku karbon total (TC) 10mg/L

- a. Pipet 10 mL larutan induk karbon total (TC) 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL
- b. Mengencerkan dengan air suling bebas karbon hingga tanda tera dan menghomogenkan

4) Pembuatan larutan kerja karbon total (TC)

- a. pipet 0,0 mL; 10,0 mL; 25,0 mL dan 50,0 mL larutan baku karbon total (TC) 100 mg/L dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 50 mL
- b. encerkan dengan air suling bebas karbon lalu tepatkan sampai tanda tera kemudiandihomogenkan sehingga larutan ini mempunyai konsentrasi 0 mg/L; 20 mg/L; 50 mg/L dan 100 mg/L karbon total

5) Pembuatan larutan induk karbon anorganik (IC) 1000 mg/L

- a. Timbang 3,497 g $NaHCO_3$ yang telah disimpan dengan desikator selama 18jam.
- b. Timbang 4,4122 g Na_2CO_3 yang telah dipanaskan pada suhu $120^\circ C$, kurang lebih 1 jam, dinginkan.



c. Larutkan keduanya dengan air suling bebas karbon, pindahkan ke dalam labu ukur 1000mL. Tepatkan hingga tanda tera.

6) Larutan baku karbon anorganik (IC) 100 mg/L

- Pipet 10 mL larutan induk karbon anorganik (IC) 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL
- Mengencerkan dengan air suling bebas karbon hingga tanda tera.

7) Pembuatan larutan kerja karbon anorganik (IC)

- Pipet 0,0 mL; 10,0 mL; 25,0 mL dan 50,0 mL larutan baku karbon anorganik (IC) 100 mg/L dan memasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 50 mL
- Mengencerkan dengan air suling bebas karbon lalu tepatkan sampai tanda tera kemudian dihomogenkan, sehingga larutan ini mempunyai konsentrasi 0 mg/L; 20 mg/L; 50 mg/L dan 100 mg/L karbon anorganik.

8) Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

- Optimalkan alat TOC *analyzer* sesuai petunjuk penggunaan alat.
- Mengukur respon detektor masing-masing larutan kerja.
- Membuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- melanjutkan dengan pengukuran contoh uji yang sudah dipersiapkan

9) Perhitungan TOC

Konsentrasi karbon organik total (TOC) mg/L.

$$\text{TOC} = (\text{TC} - \text{IC}) \times \text{fp}$$

Dengan

pengertian: TOC adalah karbon organik total dalam contoh uji (mg/L)

- TC adalah total karbon hasil pengukuran (mg/L)

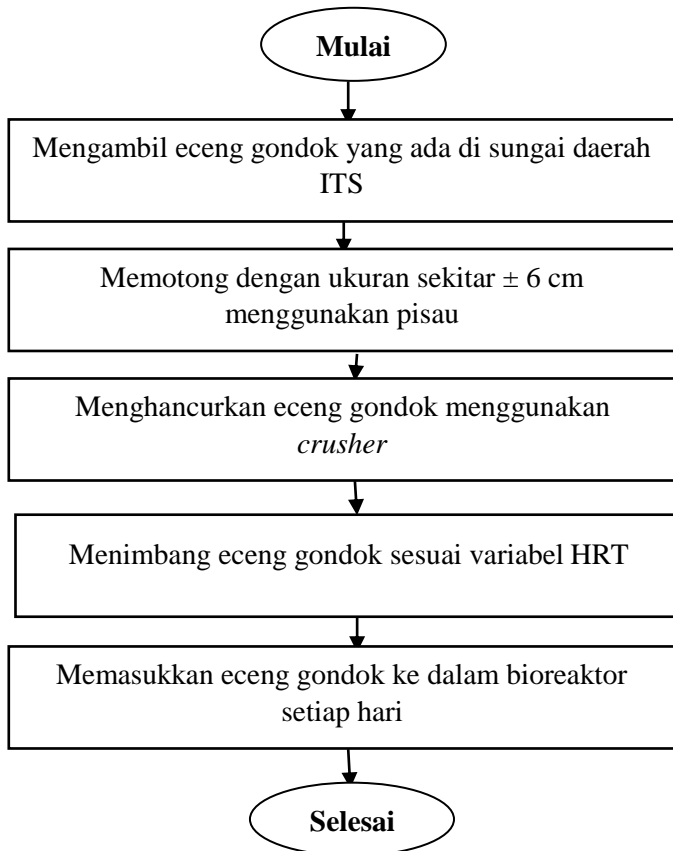


- IC adalah karbon anorganik hasil pengukuran (mg/L)
- fp adalah faktor pengenceran

3.5 Diagram Alir

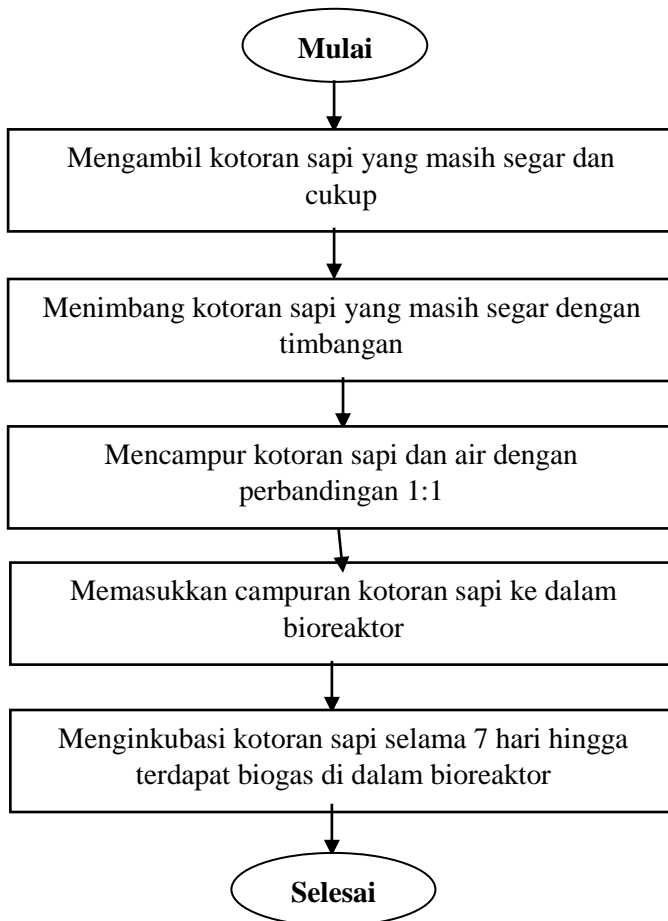
3.5.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

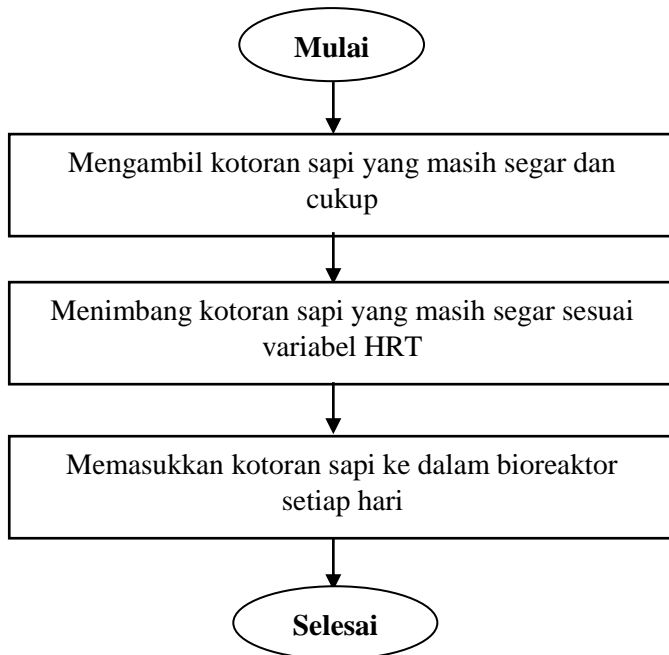
3.5.1.1 Eceng Gondok

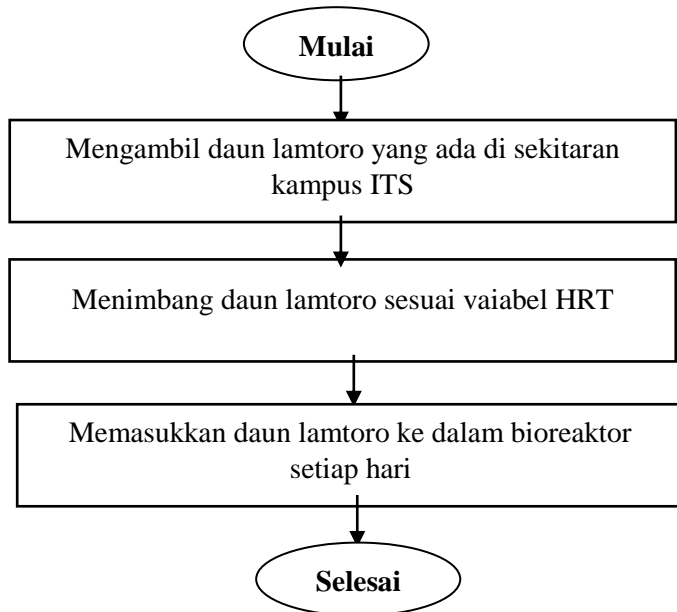


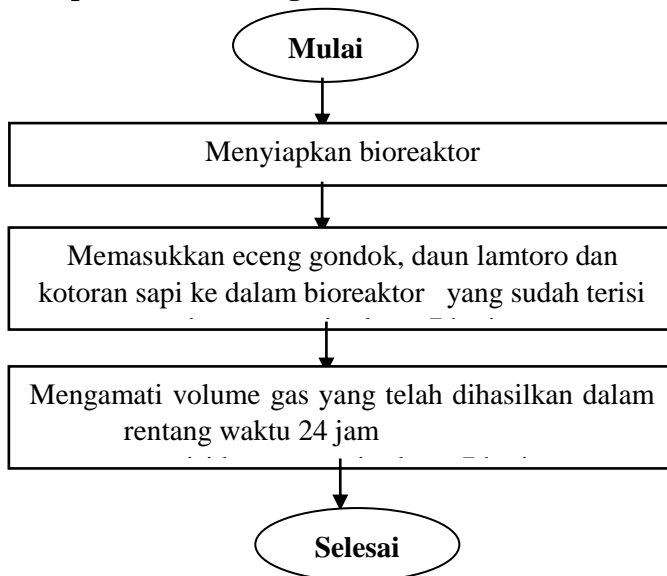


3.5.1.2 Kotoran Sapi sebagai Starter



**3.5.1.3 Limbah Kotoran Sapi sebagai Bahan Organik Tambahan**

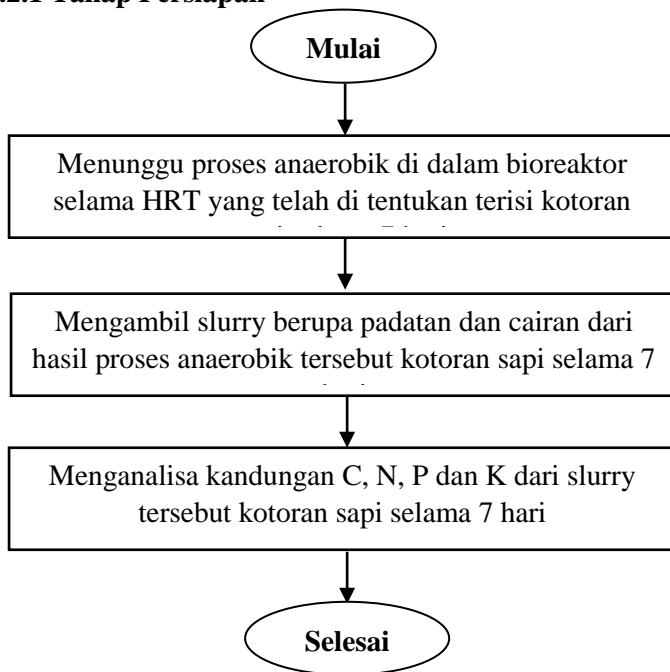
**3.5.1.3 Daun Lamtoro**

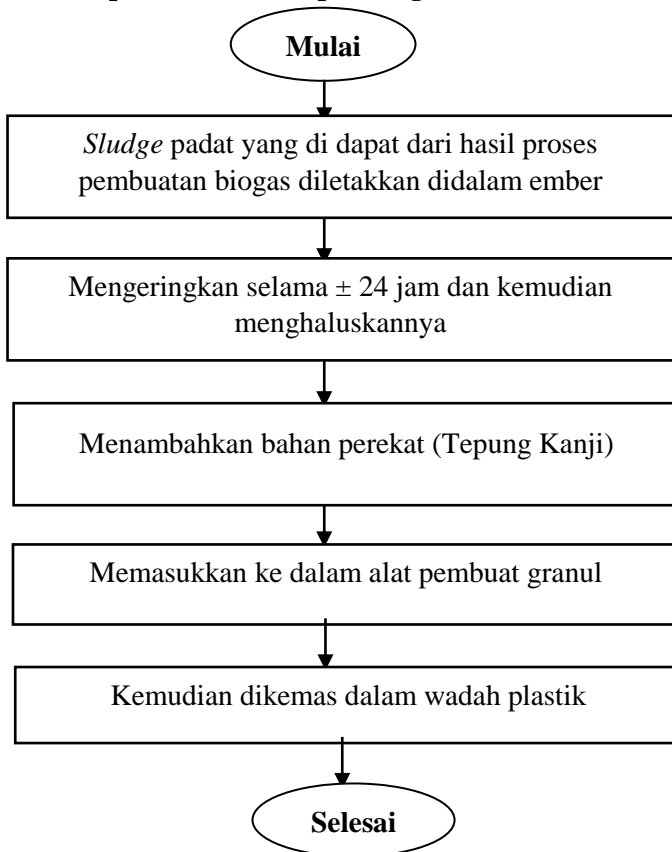
**3.5.1.4 Tahap Pembuatan Biogas**

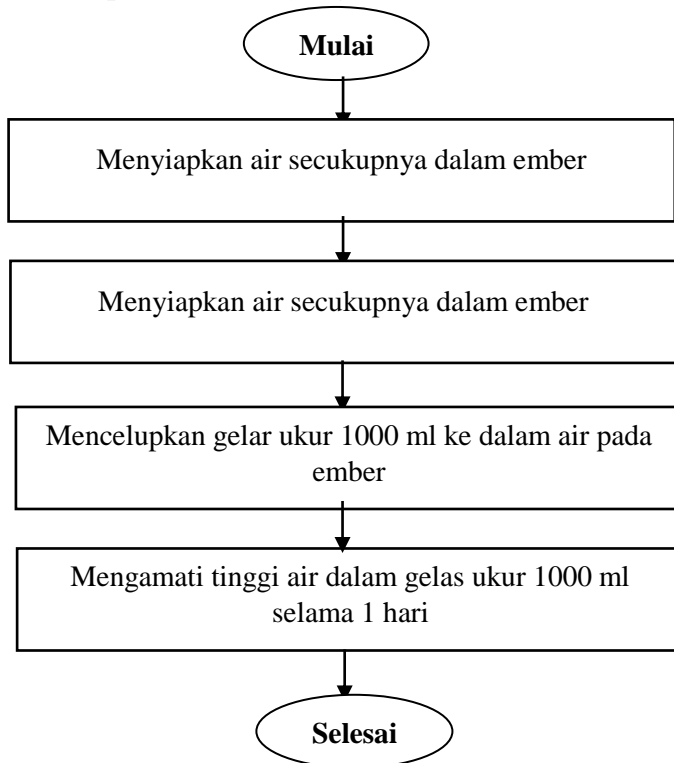


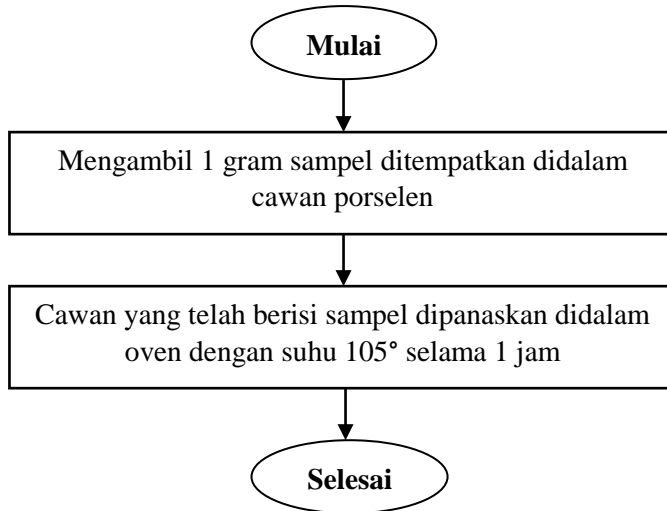
3.5.2 Tahap Pembuatan Pupuk Organik

3.5.2.1 Tahap Persiapan



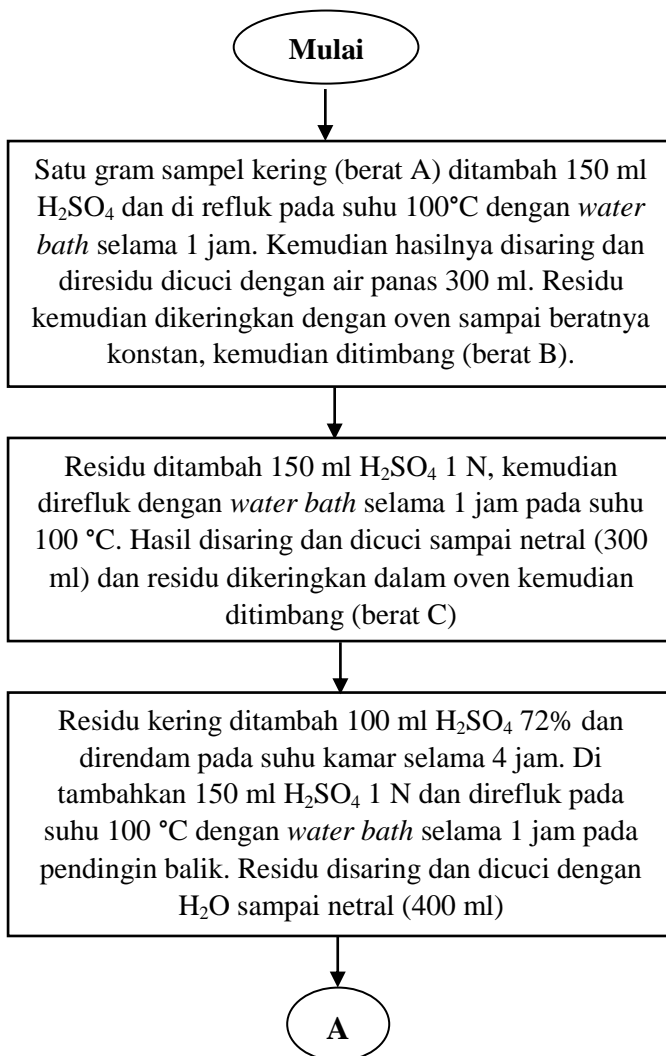
**3.5.2.2 Tahap Pembuatan Pupuk Organik Padat**

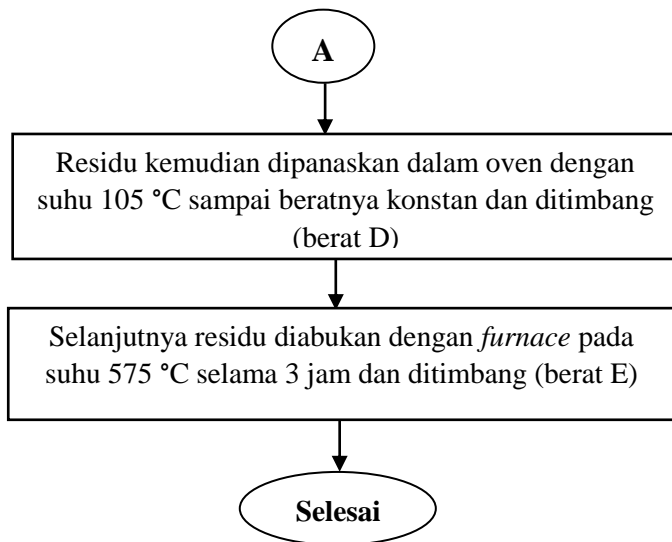
**3.5.3 Tahap Analisa****3.5.3.1 Tahap Analisa Gas yang Dihasilkan**

**3.5.3.2 Tahap Analisa Kadar Air**



3.5.3.3 Tahap Analisa Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin





3.6 Tempat Pelaksanaan

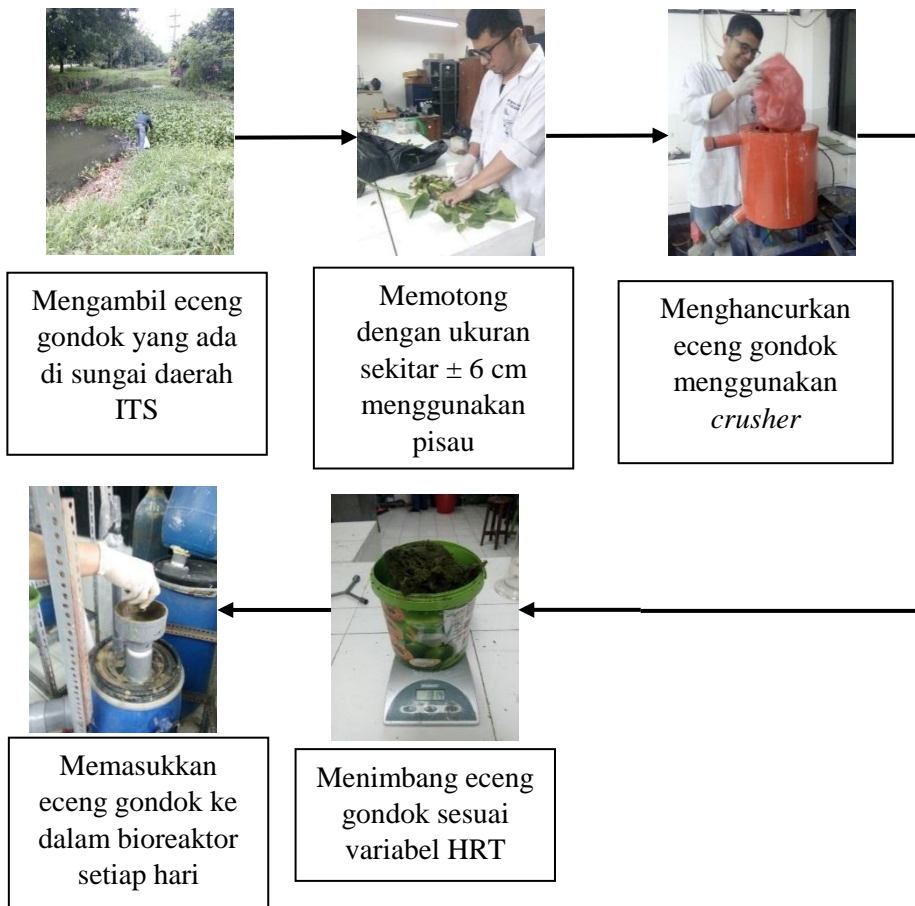
Percobaan ini dilaksanakan di laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah Departemen Teknik Kimia Industri -ITS. Pelaksanaan penelitian inovasi dilaksanakan selama 3 bulan (Oktober 2017 – April 2018)



3.7 Diagram Gambar

3.7.1 Tahap persiapan Bahan Baku

1. Eceng Gondok (Bahan Utama)





1. Kotoran Sapi (Bahan Tambahan)



Mengambil
kotoran sapi yang
masih segar dan
cukup



Memasukkan
kotoran sapi ke
dalam bioreaktor
setiap hari



Menimbang
kotoran sapi yang
masih segar sesuai
HRT

2. Daun Lamtoro (Bahan Tambahan)



Mengambil daun
lamtoro yang ada
di sekitaran
kampus ITS



Memasukkan daun
lamtoro ke dalam
bioreaktor setiap
hari



Menimbang daun
lamtoro sesuai
variabel HRT

**3.7.2 Tahap Proses Anaerobik**

Memasukkan eceng gondok, kotoran sapi, dan daun lamtoro ke dalam bioreaktor. Menunggu selama 1 hari



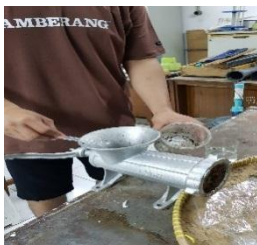
Mengamati dan mengukur volume gas yang telah dihasilkan dalam rentang waktu 24 jam

1.7.3 Tahap Pembuatan Pelet

Sludge padat yang didapat dari bioreaktor dan dikeringkan ± 24 jam



Menghaluskan padatan



Memasukkan ke dalam alat pembuat granul



Menambahkan Bahan Perekat (Kanji)

BAB IV

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Percobaan

Hasil yang didapatkan dari pembuatan pupuk organik cair dan padat dari eceng gondok melalui proses anaerobik menghasilkan data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif meliputi data volume biogas pada *hydraulic retention time* (HRT) 21 dengan bahan baku utama ditambah bahan organik dan bahan baku utama tanpa penambahan bahan organik selama 25 hari setiap variabel, sehingga didapatkan volume optimal dari kedua variabel tersebut. Data kualitatif meliputi data analisa kadar komposisi biogas, pupuk cair, dan pupuk padat dari bioreaktor.

Variabel bebas yang digunakan pada percobaan ini adalah *hydraulic retention time* (HRT) 21 dengan bahan baku utama ditambah bahan organik seperti daun lamtoro dan kotoran sapi dan bahan baku utama tanpa penambahan bahan organik sebagai pembanding. Variabel kontrol yang digunakan adalah 25 hari.

4.1.1 Pengaruh Bahan Baku Utama Ditambah Bahan Organik Dan Bahan Baku Utama Tanpa Penambahan Bahan Organik Terhadap Volume Gas

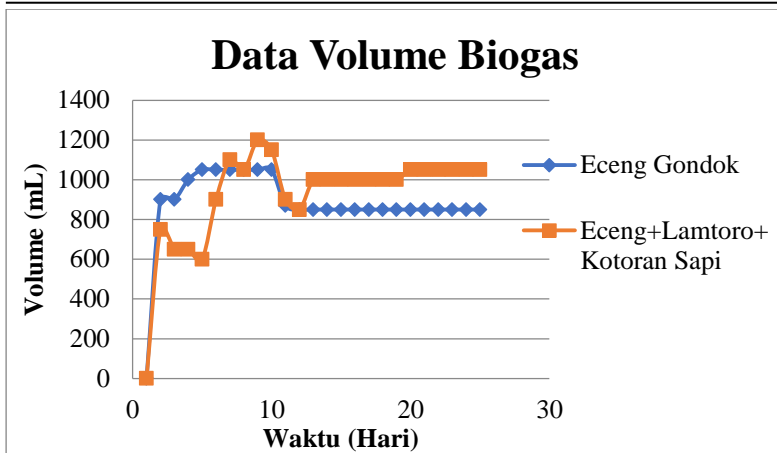
Volume biogas perhari yang diperoleh pada variasi HRT 21 hari, dapat dilihat pada **Tabel IV.1** :

Tabel 4.1 Volume Biogas pada HRT 21 Hari

Waktu (hari)	Volume Biogas (ml)	
	Bahan Baku Utama (Eceng Gondok)	Bahan Baku Utama Ditambah Bahan Organik Lain
1	0	0
2	900	750
3	900	650
4	1000	650



Waktu (hari)	Volume Biogas (ml)	
	Bahan Baku Utama (Eceng Gondok)	Bahan Baku Utama Ditambah Bahan Organik Lain
5	1050	600
6	1050	900
7	1050	1100
8	1050	1050
9	1050	1200
10	1050	1150
11	870	900
12	850	850
13	850	1000
14	850	1000
15	850	1000
16	850	1000
17	850	1000
18	850	1000
19	850	1000
20	850	1050
21	850	1050
22	850	1050
23	850	1050
24	850	1050
25	850	1050
Rata-rata	875	924



Grafik 4.1 Pengaruh *Hydraulic Retention Time* (HRT) 21 Hari Dengan Bahan Baku Utama Tanpa Penambahan Bahan Organik dan Bahan Baku Utama Ditambah Bahan Organik Terhadap Volume Biogas Yang Dihasilkan Selama 25 Hari

Pada **Grafik 4.1** dibuat berdasarkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 21 hari dengan bahan baku utama tanpa penambahan bahan organik didapatkan volume biogas yang dihasilkan dari hari ke-1 sampai ke-25. Volume biogas pada hari ke-1 hingga ke-25 sebesar 21875 ml. Grafik tersebut mengalami kenaikan dan penurunan volume gas secara fluktuatif dalam produksi perharinya, dan di dapatkan volume gas maksimum pada hari ke-5 sampai hari ke-10 yaitu 650. Pembentukan biogas mengalami kestabilan pada hari ke-12 sampai hari ke-25 karena tidak mengalami kenaikan maupun penurunan pada produksi biogasnya. Kondisi tersebut dikatakan telah mencapai kondisi *steady state*. Volume rata-rata produksi gas perhari adalah 875 ml.

Pada **Grafik 4.1** dibuat berdasarkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 21 hari dengan bahan baku utama ditambah bahan



organik didapatkan volume biogas yang dihasilkan dari hari ke-1 sampai ke-25. Volume biogas pada hari ke-1 hingga ke-25 sebesar 23100 ml. Grafik tersebut mengalami kenaikan dan penurunan volume gas secara fluktuatif dalam produksi perharinya, dan di dapatkan volume gas maksimum pada hari ke-9 yaitu 1200 ml dan penurunan yang sangat tajam pada hari ke-12 yaitu 850 ml. Pembentukan biogas mengalami kestabilan pada hari ke-13 sampai hari ke-25 karena tidak mengalami kenaikan maupun penurunan yang jauh pada produksi biogasnya. Kondisi tersebut dikatakan telah mencapai kondisi *steady state*. Volume rata-rata produksi gas perhari adalah 924 ml.

4.1.2 Analisa Komposisi

4.1.2.1 Analisa Komposisi Pupuk Organik Padat

Tabel 4.2 Komposisi Pupuk Organik Padat

Kandungan	Bahan			Dengan Bahan Baku Utama Tanpa Penambahan Bahan Organik	Dengan Bahan Baku Utama Ditambah Bahan Organik	Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR. 140/10/2011
	Eceng Gondok (Bahan Utama)	Bahan Organik				
		Lamtoro	Kotoran Sapi			
C-Organik	40,24%	42,10%	24,65%	49,71%	46,14%	Min 15%
N	4,61%	4,00%	0,50%	3,81%	0,61%	Min 4%
P2O5 - P	0,74%	0,30%	2,50%	1,30%	0,06%	
K2O - K	1,45%	2,50%	0,50%	1,93%	4,72%	

Percobaan ditujukan untuk memperoleh komposisi bahan terbaik ditinjau dari kandungan N, P, dan K bahan. Variabel yang ditentukan adalah bahan baku eceng gondok dan penambahan bahan organik lain (lamtoro dan kotoran sapi). Tujuan penambahan bahan organik adalah untuk meningkatkan kandungan N, P, dan K dari pupuk organik. Dari **Tabel IV.2** diketahui bahwa pada variabel dengan bahan utama berupa eceng gondok tanpa penambahan bahan organik dan variabel bahan baku berupa eceng gondok dengan penambahan bahan organik berupa kotoran sapi dan daun lamtoro sudah memenuhi standar

Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Hasil Samping Proses Anaerobik Biogas Eceng Gondok

*Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi*



Peraturan Menteri Pertanian No.70/SR.140/10/2011. Pada bahan utama berupa eceng gondok tanpa penambahan bahan organik untuk pupuk organik padat diperoleh kandungan N = 3,81%, P = 1,30%, dan K = 1,93%; dengan total NPK sebesar 7,04%; data ini merupakan data optimum atau terbaik dari variabel yang lain. Sementara pada bahan baku berupa eceng gondok dengan penambahan bahan organik untuk pupuk organik padat diperoleh kandungan N = 0,61%, P = 0,06%, dan K = 4,72%; dengan total NPK sebesar 5,39%. Menurut Peraturan Menteri Pertanian No.70/SR.140/10/2011 disebutkan bahwa standar yang diisyaratkan untuk kadar N, P, dan K dalam pupuk organik padat adalah total kandungan minimal 4%.

Kandungan N pada variabel bahan baku eceng gondok tanpa penambahan bahan organik lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan N pada variabel bahan baku eceng gondok dengan penambahan bahan organik. Kandungan N pada eceng gondok adalah 4,61%, sementara kandungan N pada kotoran sapi dan daun lamtoro adalah 0,50% dan 4,00%. Kandungan N yang turun disebabkan oleh proses volatilisasi dalam bentuk gas amoniak (NH_3) karena proses denitrifikasi berjalan dengan cepat dimana kehilangan N dalam bentuk gas N_2 dan N_2O .

Kandungan P pada variabel bahan baku eceng gondok tanpa penambahan bahan organik lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan P pada variabel bahan baku eceng gondok dengan penambahan bahan organik. Kandungan P pada pupuk organik padat dengan bahan baku eceng gondok tanpa penambahan kotoran sapi dan kotoran sapi adalah 1,30%. Sementara pupuk organik padat bahan baku eceng gondok dengan penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro adalah 0,06%. Kandungan P yang turun disebabkan oleh waktu pengomposan yang kurang maksimal berpengaruh terhadap



rendahnya kandungan P sehingga bahan organik yang tersedia tidak terurai sepenuhnya oleh mikroorganisme.

Kandungan K pada variabel bahan baku eceng gondok tanpa penambahan bahan organik lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan K pada variabel bahan baku eceng gondok dengan penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro. Kandungan K pada variabel bahan baku eceng gondok tanpa penambahan bahan organik adalah 1,93%. Sementara kandungan K pupuk organik padat bahan baku eceng gondok dengan penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro adalah 4,72%. Hal ini dikarenakan karena adanya penambahan bahan organik berupa daun lamtoro yang mengandung K sebesar 2,50% dan kotoran sapi mengandung K sebesar 0,50%.

4.1.2.2 Analisa Komposisi Pupuk Organik Cair

Tabel 4.3 Komposisi Pupuk Organik Cair

Kandungan	Bahan			Dengan Bahan Baku Utama Tanpa Penambahan Bahan Organik	Dengan Bahan Baku Utama Ditambah Bahan Organik	Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR. 140/10/2011
	Eceng Gondok (Bahan Utama)	Bahan Organik				
		Lamtoro	Kotoran Sapi			
C-Organik	40,24%	42,10%	24,65%	0,70%	0,92%	Min 6%
N	4,61%	4,00%	0,50%	0,09%	0,03%	3-6%
P2O5 - P	0,74%	0,30%	2,50%	7,81ppm	0,85ppm	3-6%
K2O - K	1,45%	2,50%	0,50%	402ppm	24,1ppm	3-6%

Pupuk organik cair pada variabel bahan utama eceng gondok tanpa penambahan bahan organik, didapatkan kandungan N = 0,09%, P = 0,000781%, dan K = 0,0402%. Dan untuk variabel dengan bahan utama eceng gondok ditambah bahan organik lain kotoran sapi dan daun lamtoro, didapatkan kandungan N = 0,03%, P = 0,000085%, dan K = 0,00241%. Hal ini tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian No.70/SR.140/10/2011 yang menyebutkan bahwa untuk pupuk organik cair kandungan N = 3-6%, P = 3-6%, dan K = 3-6%.



Unsur N dari perlakuan pada pupuk organik cair rendah diduga karena unsur N yang terlepas dalam cairan jumlahnya sedikit. Rendahnya kandungan N pada pupuk organik cair dikarenakan terangkatnya zat nitrogen dalam bentuk gas nitrogen atau dalam bentuk gas amoniak yang terbentuk selama proses pengomposan. Kandungan P yang rendah diduga karena unsur P yang lepas dalam cairan jumlahnya sedikit dan unsur P yang masih terjerat pada endapan bahan organik yang belum terurai. Kandungan K pada pupuk organik cair rendah diduga karena unsur K yang lepas dalam cairan jumlahnya sedikit.

Penambahan bahan organik bertujuan untuk meningkatkan kandungan N, P, dan K pada pupuk organik padat dan cair. Ketidaksesuaian hasil percobaan pupuk organik cair dengan Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 dikarenakan penambahan bahan organik mempengaruhi volume gas yang dihasilkan. Pada **Tabel IV.1** dijelaskan volume rata-rata gas yang dihasilkan oleh penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro lebih banyak dari volume rata-rata gas yang dihasilkan oleh bahan baku eceng gondok tanpa penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro. Hal ini sesuai dengan literatur bahwa semakin banyak bahan organik yang digunakan dalam digester maka semakin banyak mikroba yang berperan dalam meningkatkan produksi biogas.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh *Hydraulic Retention Time (HRT)* terhadap Volume Biogas

HRT adalah waktu saat liquid berada didalam reaktor anaerobik. HRT perlu diperhatikan dalam operasional bioreaktor, khususnya dalam produksi gas metan karena HRT dapat mempengaruhi laju pertumbuhan dari mikroorganisme



anaerobik. HRT dapat mempengaruhi kemampuan hidrolisis bahan organik. Kemampuan ini sangat terkait dengan kapasitas penguraian senyawa kompleks organik menjadi senyawa organik sederhana yang merupakan pengendali utama keberhasilan proses pengolahan air limbah secara keseluruhan. Selain itu, HRT juga dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri fermentatif, seperti *aminobacteria*, yang terkait dengan hasil produksi biogas (Hasanah, 2013).

Waktu tinggal limbah sangat berpengaruh pada reaksi penguraian oleh bakteri, semakin lama waktu tinggal limbah semakin banyak partikel organik yang terdegradasi oleh mikroorganisme dalam reaktor dan berpengaruh pada produksi biogas. Jadi semakin banyak partikel organik yang diuraikan akan menyebabkan produksi biogas semakin maksimal (Masriani, 2014).

Volume biogas yang dihasilkan semakin meningkat erat kaitannya dengan ketersediaan bahan organik yang mudah dicerna dan kondisi bakteri yang sudah beradaptasi dengan lingkungan digester (Damayanti, 2012).

4.2.2 Kandungan N, P, K terhadap Tumbuhan

Kandungan N, P, dan K merupakan kandungan hara makro yang dibutuhkan untuk tumbuhan. Berbagai unsur hara makro tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda terhadap tumbuhan. Ketersediaannya di media tanam pun harus tetap dijaga. Jumlah unsur hara yang diberikan pada media tanam harus disesuaikan dengan jenis tanaman yang ditanam dan kondisi media tanam itu sendiri. Gejala dari definisi unsur hara tersebut pun akan berbeda-beda sehingga perlakuan dalam pemberian unsur hara pun harus disesuaikan. Fungsi beberapa unsur hara bagi tanaman dan gejala kekurangan (defisiensi) dan kelebihan disajikan pada **Tabel IV.4**

**Tabel 4.4** Fungsi Unsur Hara Serta Gejala Kekurangan dan Kelebihannya Pada Tanaman

Unsur Hara	Fungsi	Gejala Kekurangan	Gejala Defisiensi
Nitrogen (N)	-Memperbaiki pertumbuhan vegetasi tanaman -Membantu pembentukan klorofil	-Daun menguning dan jaringan tanaman mengering	-Proses pembungaan berjalan lambat
Fosfor (P)	-Berperan dalam pembelahan sel tanaman -Mempercepat proses pembentukan bunga -Menguatkan batang -Membuat tanaman tahan penyakit	-Daun mengalami perubahan warna menjadi kemerah-merahan -Buah kecil dan cepat matang	-Pertumbuhan tanaman menjadi terhambat
Kalium (K)	-Membantu transportasi hasil fotosintesis -Merangsang perkembangan akar dan bunga -Meningkatkan daya tahan terhadap kekeringan	-Daun menjadi keriting dan tampak bercak-bercak merah -Menyebabkan daun mati	-Akar sulit menyerap N karena terlalu banyak diikat oleh P



.Dari hasil percobaan pembuatan pupuk organik padat dan pupuk organik cair dengan variabel bahan baku utama eceng gondok tanpa penambahan kotoran sapi dan daun lamtoro serta variabel bahan baku utama eceng gondok dengan penambahan kotoran sapi dan daun lamtoro. Didapatkan hasil kandungan N = 3,81% pada pupuk padat dengan variabel bahan baku utama eceng gondok tanpa penambahan kotoran sapi. Dengan kandungan N = 3,81%, pupuk padat ini dapat dipergunakan untuk tanaman tomat. Sementara variabel bahan baku utama eceng gondok dengan penambahan kotoran sapi dan daun lamtoro didapatkan hasil kandungan K = 4,72% pada pupuk padat. Dengan kandungan K yang tinggi, pupuk padat ini dapat dipergunakan untuk jenis tanaman umbi-umbian.

BAB V

NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

5.1 Neraca Massa

5.1.1 Neraca Massa Proses *Mixing*



Aliran 1 : Eceng Gondok

Aliran 2 : Air dan Padatan

Tabel A.1 Komposisi Aliran 1 (Eceng Gondok)

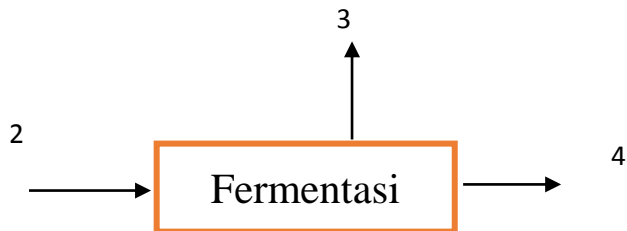
Komponen	Persentase (%)	Massa (gr)
Selulose	34,592	345,921
Hemiselulose	4,612	46,123
Lignin	4,434	44,336
(CH ₃)NH ₂	0,092	0,922
(CH ₃) ₂ S	2,883	28,827
Air	53,387	533,871
Total	100	1000



Tabel 5.2 Neraca Massa Crusher

Massa Masuk (gr)		Massa Keluar (gr)	
Aliran 1		Aliran 2	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
Selulose	345,921	Selulose	345,921
Hemiselulose	46,1228	Hemiselulose	46,1228
Lignin	44,3355	Lignin	44,3355
$(\text{CH}_3)\text{NH}_2$	0,92246	$(\text{CH}_3)\text{NH}_2$	0,92246
$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	28,8268	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	28,8268
Air	533,871	Air	533,871
Total	1000	Total	1000

5.1.2 Neraca Massa Proses Fermentasi



Fungsi : Untuk Mengubah Eceng Gondok Menjadi Biogas

Reaksi Proses Hidrolisa

Konversi = 100%



**Tabel 5.3** Perhitungan Mol pada Reaksi Hidrolisa

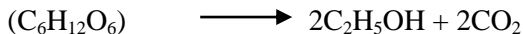
Komponen	Selulose	Air	Glukosa
Mol Mula-mula	2,135	29,660	-
Reaksi	2,135	2,135	2,135
Sisa	0	27,524	2,135

Tabel 5.4 Massa Komponen Reaksi Hidrolisa

Komponen	Rumus Molekul	BM	Massa (gr)	
			Mula-mula	Sisa
Selulosa	$C_6H_{10}O_5$	162	345,921	0
Air	H_2O	18	533,871	495,44
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	180	-	384,357

Reaksi Proses Acidogenesis

Konversi = 0,50%

**Tabel 5.5** Perhitungan Mol pada Reaksi Acidogenesis

Komponen	Glukosa	Etanol	CO_2
Mol mula-mula	2,135	-	-
Reaksi	0,011	0,021	0,021
Sisa	2,125	0,021	0,021

Tabel 5.6 Massa Komponen Reaksi Acidogenesis

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
$C_6H_{12}O_6$	180	384,357	382,435
C_2H_5OH	46	-	0,982

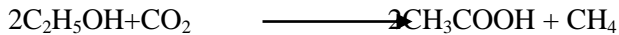


BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas

CO ₂	44	-	0,940
-----------------	----	---	-------

Reaksi Proses Acetogenesis

Konversi 66
= %



Tabel 5.7 Perhitungan Mol pada Reaksi Acetogenesis

Komponen	C ₂ H ₅ OH	CO ₂	CH ₃ COOH	CH ₄
Mol mula-mula	0,021	0,021	-	-
Reaksi	0,014	0,007	0,014	0,007048
Sisa	0,007	0,014	0,014	0,007048

Tabel 5.8 Massa Komponen Reaksi Acetogenesis

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
C ₂ H ₅ OH	46	0,982	0,334
CO ₂	44	0,940	0,629
CH ₃ COOH	60	-	0,846
CH ₄	16	-	0,113

Reaksi Methanogenik

Konversi = 50.0%



Tabel 5.9 Perhitungan Mol pada Reaksi Methanogenik

Komponen	Asam Aetat	Methan	Karbondioksida
----------	------------	--------	----------------

Pembuatan Pupuk Organik Cair dan
Padat dari Hasil Samping Proses
Anaerobik Biogas Eceng Gondok

Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi

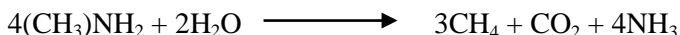


Mol mula-mula	0,014	-	-
Reaksi	0,007	0,007	0,007
Sisa	0,007	0,007	0,007

Tabel 5.10 Massa Komponen Reaksi Methanogenesis

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
CH ₃ COOH	60	0,846	0,423
CH ₄	16	-	0,113
CO ₂	44	-	0,310

Reaksi pembentukan NH₃ adalah sebagai berikut:



Konversi = 0.67%

Tabel 5.11 Perhitungan Mol pada Reaksi Pembentukan NH₃

Komponen	(CH ₃)NH ₂	H ₂ O	CH ₄	CO ₂	NH ₃
Mol mula-mula	0,0298	27,5242	-	-	-
Reaksi	0,0002	0,0001	0,00015	0,00005	0,0002
Sisa	0,0296	27,5241	0,00015	0,00005	0,0002

Tabel 5.12 Massa Komponen Reaksi Pembentukan NH₃

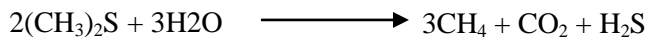
Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
(CH ₃)NH ₂	31	0,9225	0,9162



BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas

H₂O	18	495,4358	495,4340
CH₄	16	-	0,0024
CO₂	44	-	0,0022
NH₃	17	-	0,0034

Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida adalah sebagai berikut:



Konversi = 0,042 %

Tabel 5.13 Perhitungan Mol pada Reaksi Hidrogen Sulfida

Komponen	(CH ₃) ₂ S	H ₂ O	CH ₄	CO ₂	H ₂ S
Mol mula-mula	0,4649	27,5241	-	-	-
Reaksi	0,0002	0,0012	0,0012	0,00039	0,00039
Sisa	0,4648	27,5229	0,0012	0,00039	0,00039

Tabel 5.14 Massa Komponen Reaksi Hidrogen Sulfida

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
(CH ₃) ₂ S	62	28,8268	28,8146
H ₂ O	18	495,4340	495,4127
CH ₄	16	-	0,0189
CO ₂	44	-	0,0173
H ₂ S	34	-	0,0134

Tabel 5.15 Neraca Massa Total

Massa Masuk (gr)		Massa Keluar (gr)	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
Selulosa	345,92	CH ₄	0,247

Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Hasil Samping Proses Anaerobik Biogas Eceng Gondok

*Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi*

*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

Hemiselulosa	46,123	CO ₂	0,959
Lignin	44,336	H ₂ S	0,013
(CH ₃)NH ₂	0,922	NH ₃	0,003
(CH ₃) ₂ S	28,827	H ₂ O	495,41
Air	533,87	(CH ₃) ₂ S	28,815
		(CH ₃)NH ₂	0,916
		C ₂ H ₅ OH	0,982
		CH ₃ COOH	0,423
		C ₆ H ₁₂ O ₆	382,43
		Hemiselulosa	46,12
		Lignin	44,34
Total	1000	Total	1000



5.2 Neraca Panas

5.2.1 Perhitungan Cp (kapasitas panas) menggunakan metode Kopp's

$$\frac{C_p}{J/(mol.K)} = \sum_{E=1}^N n_E \times \Delta E$$

Diketahui :

n_E : banyaknya unsur dalam senyawa tersebut

ΔE : kontribusi elemen

Berikut adalah data Cp menggunakan metode modifikasi Hukum Koop's (Perry, edisi 8)

Tabel 5.1 Heat Capacity of the Element (J/mol °C)

Elemen	ΔE	Satuan
C	10,89	J/mol °C
H	7,56	J/mol °C
O	13,42	J/mol °C
N	18,74	J/mol °C
S	12,36	J/mol °C

Tabel 5.2 Data Kapasitas Panas (Cp) Komponen

Komponen	Cp	Satuan	Referensi
$C_6H_{10}O_5$	0,30692321	cal/gr °C	Metode Kopp's
$C_6H_{12}O_6$	0,314125667	cal/gr °C	Metode Kopp's
C_2H_5OH	0,418561739	cal/gr °C	Metode Kopp's



CO ₂	0,2049425	cal/gr °C	Metode Kopp's
CH ₃ COOH	0,314125667	cal/gr °C	Metode Kopp's
CH ₄	0,614379375	cal/gr °C	Metode Kopp's
(CH ₃)NH ₂	0,519863548	cal/gr °C	Metode Kopp's
(CH ₃) ₂ S	0,306459677	cal/gr °C	Metode Kopp's
H ₂ S	0,193168235	cal/gr °C	Metode Kopp's
NH ₃	0,582316471	cal/gr °C	Metode Kopp's
H ₂ O	0,378947778	cal/gr °C	Metode Kopp's

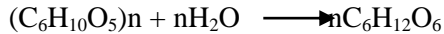
Tabel 5.3 Data *Heat of Formation* (ΔH_f) Senyawa

Komponen	ΔH_f (cal/mol)	Referensi
C ₆ H ₁₂ O ₆	-7505	Eugene Domalski
C ₆ H ₁₀ O ₅	-229440	Eugene Domalski
C ₂ H ₅ OH	-66326	Thermodynamic Property
CO ₂	-93990678	Thermodynamic Property
CH ₃ COOH	-116127	Himmeblau
CH ₄	-17830	Thermodynamic Property
H ₂ O	-57797,9	Perry's Chemical Engineers
H ₂ S	-4813	Himmeblau
NH ₃	-10960	Himmeblau
(CH ₃)NH ₂	-5489,83	Perry's Chemical Engineers
(CH ₃) ₂ S	-5473,1	Perry's Chemical Engineers



5.2.3 Neraca Panas Reaksi

5.2.3.1 Neraca Panas Reaksi Hidrolisis



Tabel 5.4.1 Perhitungan ΔH Reaksi Hidrolisis Selulosa
Pembentukan Glukosa

$$T = 30$$

$$T_{\text{Ref}} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T- Tref (°C)	H (cal)
C ₆ H ₁₀ O ₅	345,9	0,307	30	5	530,86
H ₂ O	533,9	0,379	30	5	1011,55
C ₆ H ₁₂ O ₆	384,4	0,314	30	5	603,68
ΔH					-938,72

Tabel 5.4.2 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Hidrolisis Selulosa
Pembentukan Glukosa

Komponen	Mol	Koef .	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
C ₆ H ₁₀ O ₅	2,13531490	1	-229440	-489926,651
H ₂ O	29,6595240	1	-57797,9	-1714258,20
C ₆ H ₁₂ O ₆	2,13531490	1	-7,505	-16025,5383
			ΔH_{25}	2188159,31

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta C_6H_{10}O_5 + \Delta H_{25} - (\Delta H_{2O} +$$

$$\Delta H = \Delta C_6H_{12}O_6)$$

$$\Delta H = 2187220,597$$

**5.2.3.2 Neraca Panas Reaksi Asidogenesis****Tabel 5.5.1** Perhitungan H Reaksi Asidogenesis

$$T = 30$$

$$T_{\text{Ref}} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T- Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	384,4	0,31412	30	5	603,6814
C ₂ H ₅ OH	0,982	0,41856	30	5	2,055138
CO ₂	0,94	0,20494	30	5	0,963229
ΔH Reaksi					-601

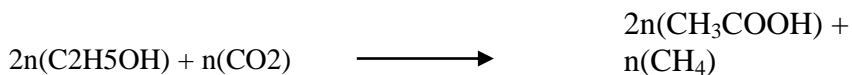
Tabel 5.5.2 Perhitungan ΔH₂₅ Reaksi Asidogenesis

Komponen	Mol	Koef.	ΔHf (Cal/mol)	ΔH (Cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	2,13531490	1	-7,505	-16025,538 3
C ₂ H ₅ OH	0,021	2	-66326	-2785,692
CO ₂	0,021	2	-93,990,678	-3947608,4 7
			ΔH ₂₅	-3928797,2 5



$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R \\ &= (\Delta C_{CO_2} + \Delta C_{C_2H_5OH}) + \Delta H_{25} - \\ \Delta H &= \Delta C_{C_6H_{12}O_6} \\ \Delta H &= -3929397,909\end{aligned}$$

5.2.3.3 Neraca Panas Reaksi Asetogenesis



Tabel 5.6.1 Perhitungan H Reaksi Asetogenesis

T = 30

T Ref = 25

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	0,982	0,41856174	30	5	2,055138139
CO ₂	0,94	0,2049425	30	5	0,96322975
CH ₃ COOH	0,846	0,31412567	30	5	1,32875157
CH ₄	0,113	0,61437938	30	5	0,347124347
ΔH					-1,34249197

Tabel 5.6.2 Perhitungan ΔH₂₅ Reaksi Asetogenesis

Komponen	Mol	Koef.	ΔHf (Cal/mol)	ΔH (Cal)
----------	-----	-------	---------------	----------



BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas

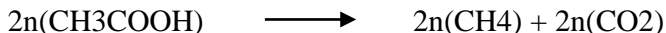
C ₂ H ₅ OH	0,021	2	-66,326	-2785,692
CO ₂	0,021	1	-	-
CH ₃ COOH	0,014	2	-116127	-3251,556
H	0,007	1	-17,830	-124,81
CH ₄				
			ΔH₂₅	1973213,564

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$(\Delta CH_4 + \Delta CH_3COOH) + \Delta H_{25} - (\Delta CO_2 + \Delta C_2H_5OH)$$

$$\Delta H = 1973212,222$$

5.2.3.4 Neraca Panas Reaksi Metanogenik



Tabel 5.7.1 Perhitungan H Reaksi Metanogenik

$$T = 30$$

$$T_{Ref} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	C _p (cal/gr °C)	T (°C)	T- T _{ref} (°C)	H (cal)
CH ₃ COOH	0,846	0,31413	30	5	1,32875157
CH ₄	0,113	0,61438	30	5	0,347124347
CO ₂	0,31	0,2049	30	5	0,317660875
				ΔH	-0,66396635

**Tabel B.7.2** Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Metanogenik

Komponen	Mol	Koef.	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
CH ₃ COOH	0,014	2	-116,127	-3251,556
CH ₄	0,007	2	-17,830	-249,62
CO ₂	0,007	2	-93990678	-1315869,492
			ΔH_{25}	-1312867,56

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta CH_4 + \Delta CO_2) + \Delta H_{25} - \Delta CH_3COOH$$

$$\Delta H = \mathbf{-1312868,22}$$

Reaksi pembentukan NH₃ adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.8.1** Perhitungan H Reaksi Pembentukan NH₃

$$T = 30$$

$$T_{Ref} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	H (cal)
(CH ₃)NH ₂	0,922	0,51986355	30	5	2,397756349
H ₂ O	495,4	0,37894778	30	5	938,7214097
CH ₄	0,002	0,61437938	30	5	0,007372553
CO ₂	0,002	0,2049425	30	5	0,002254368
NH ₃	0,003	0,58231647	30	5	0,00989938
				ΔH	-941,09964

**Tabel 5.8.2** Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Pembentukan NH_3

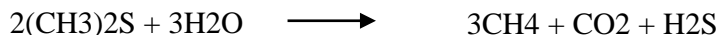
Komponen	Mol	Koef.	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
$(\text{CH}_3)\text{NH}_2$	0,0297	4	-5,489.83	-653,435
H_2O	27,524	2	-57,797.90	-
CH_4	0,00015	3	-17,830	-8,023
CO_2	0,00005	1	-93990678	-4699,53
NH_3	0,0002	4	-10,960	-8,768
			ΔH_{25}	3177620,08

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta \text{CH}_4 + \Delta \text{CO}_2 + \Delta \text{NH}_3) + \Delta H_{25} - (\Delta (\text{CH}_3)\text{NH}_2 + \Delta \text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta H = \mathbf{3176678,985}$$

Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.9.1** Perhitungan H Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida

$$T = 30$$

$$T_{\text{Ref}} = 25$$

Komponen	Massa	C_p	T	$T - T_{\text{ref}}$	H (cal)
----------	-------	-------	---	----------------------	---------



BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas

	(gram)	(cal/gr °C)	(°C)	(°C)	
(CH ₃) ₂ S	28,83	0,3064	30	5	44,1711
H ₂ O	495,4	0,3789	30	5	938,7104
CH ₄	0,019	0,6143	30	5	0,05805
CO ₂	0,017	0,2049	30	5	0,0177
H ₂ S	0,013	0,1931	30	5	0,01294
ΔH					-982,792

Tabel 5.9.2 Perhitungan ΔH₂₅ Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida

Komponen	Mol	Koef.	ΔH _f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
(CH ₃) ₂ S	0,4649476	2	-5,473.1	-
H ₂ O	27,5241	3	-57,797.9	-
CH ₄	0,0012	3	-17,830	-
CO ₂	0,00039	1	-93,990,678	-
H ₂ S	0,00039	1	-4,813	-
ΔH₂₅				4740872,518

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta CH_4 + \Delta CO_2 + \Delta H_{2S}) + \Delta H_{25} - (\Delta(CH_3)_2S + \Delta H_{2O})$$

$$\Delta H = \mathbf{4739889,725}$$

Tabel B.5 Neraca Panas Total

H Masuk (cal)		H Keluar (cal)	
	Reaksi 1		Reaksi 1

*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

C ₆ H ₁₀ O ₅	530,855941	C ₆ H ₁₂ O ₆	603,6814964
H ₂ O	1011,546965	ΔH ₂₅	2188159,318
ΔH	2187220,597		
	Reaksi 2		Reaksi 2
C ₆ H ₁₂ O ₆	603,6814964	C ₂ H ₅ OH	2,055138139
ΔH	3929397,909	CO ₂	0,96322975
		ΔH ₂₅	3928797,246
	Reaksi 3		Reaksi 3
C ₂ H ₅ OH	2,055138139	CH ₃ COOH	1,32875157
CO ₂	0,96322975	CH ₄	0,347124347
ΔH	1973212,222	ΔH ₂₅	1973213,564
	Reaksi 4		Reaksi 4
CH ₃ COOH	1,32875157	CH ₄	0,347124347
ΔH	1312868,22	CO ₂	0,317660875
		ΔH ₂₅	1312867,556
	Reaksi 5		Reaksi 5
(CH ₃)NH ₂	2,397756349	CH ₄	0,007372553
H ₂ O	938,7214097	CO ₂	0,002254368
ΔH	3176678,985	NH ₃	0,00989938
		ΔH ₂₅	3177620,084
	Reaksi 6		Reaksi 6
(CH ₃) ₂ S	44,17118441	CH ₄	0,058058851
H ₂ O	938,7104877	CO ₂	0,017727526
ΔH	4739889,725	H ₂ S	0,012942272
		ΔH ₂₅	4740872,518
TOTAL	1,73E+07	TOTAL	1,73E+07



BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas

BAB VI ESTIMASI ANGGARAN BIAYA

6.1 Anggaran Biaya

Estimasi anggaran biaya “Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Eceng Gondok melalui Proses Anaerobik” pada skala industri kecil.

Kapasitas Produksi : 5000 kg/bulan

Waktu Operasi : 30 hari

Bahan yang dibutuhkan untuk membuat pupuk organik melalui proses anaerobik dalam 1 kali produksi :

Eceng gondok : 130 kg/hari

: 3900 kg/bulan

Tabel 6.1 Investasi Peralatan Proses Produksi per Bulan (*Fixed Cost*)

No.	Keterangan	Spesifikasi	Kuantitas	Lifetime (bulan)	Harga per (unit)	Biaya per bulan
1	Alat Pembuat Pupuk		1 unit	12	8.250.000	687,5
2	Bak penampung pupuk		6 unit	12	2.950.000	1.475.000
3	Konstruksi digester	volume 7 m3	1 unit	12	7.000.000	583.333,3
4	Tangki penampung gas	volume 1 m3	1 unit	12	4.950.000	412,5
5	Pipa	panjang 6m	1 buah	6	2.415.000	402,5
6	Valve	12 lbs	3 buah	6	5.499.550	916.591,7
7	Pompa	125 watt	1 buah	12	385	32.083,33
8	Termometer Bimetal	Industri Termometer Aksial		12	208,6	17.383,33
9	Barometer	12,8CM 950~1070 hpa		12	326,04	27,17
10	Crusher			12	4.200.000	350
11	Timbangan	Ukuran 5 kg	1 buah	12	1.250.000	104.166,7
Subtotal						5.008.228,33

**Tabel 6.2** Biaya Kebutuhan Bahan Baku dan Bahan Pelengkap Produksi per Bulan (*Variable Cost*)

No.	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Eceng gondok	5.000 kg	1.5	7.500.000
2	Tepung kanji	150 kg	14	2.100.000
3	Kemasan pupuk	1 kg (3 unit)	6	18
Subtotal				9.618.000

Tabel 6.3 Biaya Pendukung Utilitas per Bulan

No.	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Air	100 m ³	2.5	250
2	Listrik	500 kWh	1.112	556
Subtotal				806

Tabel 6.4 Biaya Pendukung per Bulan Lainnya

No.	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Gaji Karyawan	2 orang	700	1.400.000
2	Maintenance Peralatan	-	500	500
3	Sewa Bangunan	-	5.000.000	5.000.000
4	Biaya Transport	-	1.000.000	1.000.000
Subtotal				7.900.000

a. Biaya tetap (FC)

Biaya tetap adalah tota biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi. Biaya tetap secara total akan selalu konstan sampai tingkat kapasitas penuh. Biaya tetap merupakan biaya yang akan



selalu terjadi walaupun perusahaan tidak berproduksi. Biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, utilitas, gaji karyawan, dan maintenance peralatan.

1	Investasi peralatan	= Rp. 5.008.228,33
2	Maintenance peralatan	= Rp. 500.000
3	Gaji karyawan	= Rp. 1.400.000
4	Sewa bangunan	= Rp. 5.000.000
5	Biaya Transport	= Rp. 1.000.000
6	Utilitas	= Rp. 806.000
	Total	= Rp. 13.714.228,33

b. Biaya Variabel (VC)

Biaya variabel adalah total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi. Biaya variabel akan berubah secara proposional dengan perubahan volume produksi. Biaya variabel meliputi kebutuhan bahan baku

Biaya Variabel selama 1 bulan = Rp. 9.618.000
= Rp. 320.600 per hari

$$\begin{aligned}\text{Biaya Variabel per kg} &= \frac{\text{Biaya variabel per produksi}}{\text{Jumlah Produksi}} \\ &= \frac{9.618.000}{5000}\end{aligned}$$

Total = Rp. 1.923,6/kg

c. Biaya Produksi Total (TC)

Biaya produksi total merupakan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses produksi dalam waktu satu bulan

$$\begin{aligned}\text{TC} &= \text{FC} + \text{VC} \\ &= \text{Rp. } 13.714.228,33 + 9.618.000 \\ &= \text{Rp. } 23.332.228,33\end{aligned}$$



6.2 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang akan dijual atau harga

1. HPP

$$\text{HPP} = \frac{\text{TC}}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}}$$

$$\text{HPP} = \frac{23.332.228,33}{5000}$$

$$\text{HPP} = \text{Rp } 4.666,446 / \text{kg}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Laba} &= 30\% \times \text{HPP} \\ &= 30\% \times \text{Rp } 4.666,446 \\ &= \text{Rp } 1.399,9337/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Harga Jual} &= \text{HPP} + \text{Laba} \\ &= \text{Rp } 4.666,446 + \text{Rp. } 4.666,446 \\ &= \text{Rp } 6.066,3794/\text{kg} \end{aligned}$$

4. Hasil Penjualan per Bulan

Hasil Penjualan/bulan = harga jual x jumlah produk/bulan

$$\text{Hasil Penjualan/bulan} = \text{Rp } 6.066,3794 \times 5000$$

$$\cdot \text{ Hasil Penjualan/bulan} = \text{Rp } 30.331.896,83$$

5. Laba per Bulan

Laba/Bulan

= Hasil Penjualan per Bulan – Biaya Produksi Total (TC)

$$= \text{Rp } 30.331.896,83 - \text{Rp. } 23.332.228,33$$

$$= \text{Rp } 6.999.668,5$$

6. Laba per Tahun

$$\text{Laba/Tahun} = \text{Laba/Bulan} \times 12$$

$$\text{Laba/Tahun} = \text{Rp } 6.999.668,5 \times 12$$



$$\text{Laba/Tahun} = \text{Rp } 83.996.022$$

6.3 Break Event Point (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan. BEP ini digunakan untuk menganalisa proyeksi sejauh mana banyaknya jumlah unit yang diproduksi atau sebanyak apa yang harus diterima untuk mendapatkan titik impas atau kembali modal.

Dalam menentukan BEP dapat melalui metode perhitungan secara langsung dan secara grafis.

a) Metode Perhitungan (Aljabar)

- Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{P - VC}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 13.714.228,33}{\text{Rp } 6.066,3794 - \text{Rp } 1.923,6}$$

$$\text{BEP} = 3.310,4 \text{ unit}$$

Artinya, perusahaan perlu menjual 3.310,4 kg pupuk organik untuk tercapainya titik impas antara total penjualan sama dengan total biaya produksi. Pada penjualan ke- 3.310,4 kg, maka perusahaan tersebut akan mulai memperoleh laba.

- Menentukan BEP dalam jumlah unit rupiah

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{1 - (VC/P)}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 13.714.228,33}{1 - (\text{Rp } 1.923,6 / 6.066,379367)}$$



$$\text{BEP} = \text{Rp } 20.082.101$$

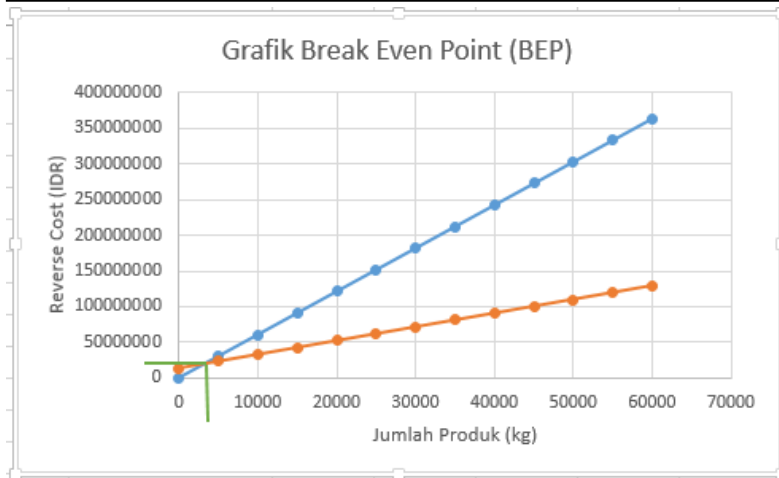
Artinya, perusahaan perlu mendapatkan omset penjualan produk pupuk organik senilai Rp 20.082.101 agar terjadi BEP dan perusahaan akan memperoleh keuntungan jika mendapatkan omset sebesar Rp 20.082.101

b) Metode Grafik

Pada penentuan BEP dengan metode grafik dapat diketahui dari perpotongan antara garis total cost dan total penghasilan selang waktu tertentu.

Tabel 6.5 Penentuan *Break Even Point* (BEP)

Pupuk yang dijual (kg)	Total Penghasilan (Rp)	Fixed Cost (Rp)	Variable Cost (Rp)	Total Biaya (Rp)
0	0	13714228	0	13714228,33
5000	30331896,83	13714228	9618000	23332228,33
10000	60663793,67	13714228	19236000	32950228,33
15000	90995690,5	13714228	28854000	42568228,33
20000	121327587,3	13714228	38472000	52186228,33
25000	151659484,2	13714228	48090000	61804228,33
30000	181991381	13714228	57708000	71422228,33
35000	212323277,8	13714228	67326000	81040228,33
40000	242655174,7	13714228	76944000	90658228,33
45000	272987071,5	13714228	86562000	100276228,3
50000	303318968,3	13714228	96180000	109894228,3
55000	333650865,2	13714228	105798000	119512228,3
60000	363982762	13714228	115416000	129130228,3



Grafik 6.1 Grafik *Break Even Point* (BEP)

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi unit ke- 3.310,4 kg dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp 20.082.101.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan pembuatan Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Eceng Gondok melalui Proses anaerobik diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pupuk organik padat yang dihasilkan dari percobaan dengan variabel bahan utama eceng gondok tanpa penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro serta variabel bahan utama eceng gondok dengan penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro telah memenuhi standar N, P, dan K pada Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011. Sementara pupuk organik cair yang dihasilkan dari percobaan dengan variabel bahan utama eceng gondok tanpa penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro serta variabel bahan utama eceng gondok dengan penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro belum sesuai standar N, P, dan K pada Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011
2. Komposisi pupuk organik padat pada HRT 21 dengan bahan baku utama tanpa penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro adalah 3,81% N, 1,30% P_2O_5 -P, dan 1,93% K_2O -K. Sedangkan komposisi pupuk organik padat pada HRT 21 dengan bahan baku utama eceng gondok ditambah bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro adalah 0,61% N, 0,06% P_2O_5 -P, 4,72% K_2O -K. Komposisi pupuk organik cair pada HRT 21 dengan bahan baku utama eceng gondok tanpa



penambahan bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro adalah 0,09% N, 7,81ppm P_2O_5 -P, dan 402ppm K_2O -K. Sedangkan komposisi pupuk organik cair pada HRT 21 dengan bahan baku utama eceng gondok ditambah bahan organik kotoran sapi dan daun lamtoro adalah 0,03% N, 0,85ppm P_2O_5 -P, 24,1ppm K_2O -K.

3. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kandungan N, P, dan K pada pupuk organik padat, namun kandungan N, P dan K pada hasil pupuk organik cair belum sesuai dikarenakan unsur N terbentuk menjadi gas nitrogen atau dalam bentuk gas amoniak sehingga volume gas yang dihasilkan meningkat, unsur P yang belum sesuai dikarenakan unsur P masih terjatuh pada endapan bahan organik yang belum terurai dan unsur K yang belum sesuai dikarenakan unsur K yang lepas dalam cairan jumlahnya sedikit.

7.2 Saran

Saran untuk percobaan Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Eceng Gondok melalui Proses Anaerobik ini sebagai berikut:

1. Perlu adanya perlakuan terhadap kandungan N, P, dan K pada pupuk organik cair, karena tidak memenuhi standar Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011. Perlakuan tersebut seperti penambahan bakteri EM4, penambahan bioenzim, dan penambahan bahan organik lain yang lebih sesuai.
2. Diameter alat yang digunakan untuk membuat pupuk padat berbentuk pelet (granul) terlalu kecil sehingga bentuk dari pelet (granul) yang dihasilkan kurang baik.



Pemilihan diameter alat yang optimal memberikan bentuk dari pelet (granul) lebih baik.



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

No	Keterangan	Notasi	Satuan
1	Massa	m	gr
2	Volume	V	ml
3	Waktu	t	jam
4	Densitas	ρ	gr/ml
5	<i>Specific heat</i>	Cp	cal/gr ⁰ C
6	Panas Laten	λ	cal/gr
7	Suhu	T	⁰ C
9	Daya	P	watt
11	Konsentrasi	C	%(w/w)
12	Enthalpy	ΔH	cal
13	Kalor	Q	kalori
14	Berat Molekul	BM	gr/mol

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, S. (2015). Studi Pembuatan Pupuk Organik Padat.
- Alavan, A. (2015). Pengaruh Pemupukan Terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Padi Gogo (*Oryza Sativa L.*). *J. Floratek* 10:61-68.
- Alviani, P. (2015). *Bertanam Hidroponik Untuk Pemula*. Jakarta: Bibit Publisher.
- Anastasia R Moi, D. P. (2015). Pengujian Pupuk Organik Cair dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal MIPA UNSRAT online* 4 (1) , 15-19.
- Atikah Rahmah, M. I. (2014). Pengaruh Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Limbah Sawi Putih (*Brassica Chinensis L.*) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays L. Var. Saccharata*). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*.
- Budiana, N. (2007). *Memupuk Tanaman Hias*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Dr.Ir. Soeprijanto, M. (2006). *Pengolahan Limbah Industri Kimia*. Surabaya.
- Falah, F. (2012). *Pemanfaatan Limbah Lignin Dari Proses Pembuatan Bioetanol Dari Tkks Sebagai Bahan Aditif Pada Mortar*. Thesis Universitas Indonesia.
- Ludfia Windyasmara, K. N. (2017). Pengaruh Penambahan Eceng Gondok Dan Limbah Cair Pengolahan Tahu. *Jurnal Ilmu Ilmu Pertanian*.
- Maruapey, A. (2015). Pengaruh Pupuk Organik Limbah Biogas Cair Kotoran Sapi. *Jurnal Agroforestri*.
- Mayasari, H. D. (2010). Pembuatan Biodigester Dengan Uji Coba Kotoran Sapi Sebagai Bahan Baku. *Laporan Tugas Akhir*.
- Muhsin, A. (2011). Pemanfaatan Limbah Hasil Pengolahan Pabrik Tebu. *Industrial Engineering Conference*.

- Musnamar. (2003). *Pupuk Organik Cair Dan Padat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011*
- Purwanto, I. (2015). Menghitung Takaran Pupuk Untuk Percobaan Kesuburan Tanah. *Teknisi Litkayasa Penyelia Balitbangtan Di Balai Penelitian Tanah*.
- Rini, D. P. (2006). *Skripsi Analisis Pengaruh Pupuk Bersubsidi Terhadap*. Bogor: 2006.
- Simamora, S. S. (2005). *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak Dan Gas Dari Kotoran Ternak*. Bogor: Agromedia Pustaka.
- Soraya, S. (2010). Kajian Pemanfaatan Limbah Nilam Untuk Pupuk Cair Organik Dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia Vol.4, No.2*.
- Supartha, I. N. (2012). Aplikasi Jenis Pupuk Organik Pada Tanaman Padi Sistem. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*.
- Suyitno. (2010). *Teknologi Biogas (Pembuatan, Operasional Dan Pemanfaatan)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Syahrizal. (2015). Efektifitas Dosis Em4 (Effective Microorganism) Dalam Pembuatan Pupuk Cair Dari Sampah Organik. *Jurnal Kesehatan Ilmiah Nasuwakes Vol.8 No. 1*.
- Teguh Wikan Widodo, A. N. (2007). Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian Untuk Energi Biogas. *Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian*.
- Wahjono, E. (2002). *Mengebunkan Lidah Buaya Secara Intensif*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Wahyuni, S. (2011). *Menghasilkan Biogas Dari Aneka Limbah*. Jakarta: Pt. Agromedia Pustaka.
- Wahyuni, S. (2013). *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta: Niaga Swadaya.

- Wardhana, K. A. (2015). Perekat untuk Pembuatan Pelet Pupuk Organik dari Residu Proses Digestasi Anaerobik Lumpur Biologi Industri Kertas. *Jurnal Selulosa Vol. 4 No. 2*, 69-78.
- Wayan, I. B. (2011). Produksi Selulase Kasar Dari Kapang *Trichoderma Viride* Dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu Dan Lama Fermentasi. *Jurnal Biologi Xv(2):29-33*.
- Wiratmaja, I. G. (2011). Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* Sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Caksa M*.
- Yonathan, A. (2013). Produksi Biogas Dari Eceng Gondok (*Ecchornia Crassipes*) Kajian Konsistensi Dan Ph Terhadap Biogas Yang Dihasilkan. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri Vol.2 No.2*, 211-215.
- Yuli Astuti Hidayati, E. H. (2008). Analisis Kandungan N, P Dan K Pada Lumpur Hasil Ikutan Gasbio (Sludge) Yang Terbuang Dari Feses Sapi Perah. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner*.

APPENDIKS A NERACA MASSA

A.1 Neraca Massa

A.1.1 Neraca Massa Proses *Crusher*



Aliran 1 : Eceng Gondok

Aliran 2 : Air dan Padatan

Tabel A.1 Komposisi Aliran 1 (Eceng Gondok)

Komponen	Persentase (%)	Massa (gr)
Selulose	34.592	345.921
Hemiselulose	4.612	46.123
Lignin	4.434	44.336
(CH ₃)NH ₂	0.092	0.922
(CH ₃) ₂ S	2.883	28.827
Air	53.387	533.871
Total	100	1000

Perhitungan Massa tiap komponen sebagai berikut :

Massa Eceng Gondok = 1000 gr

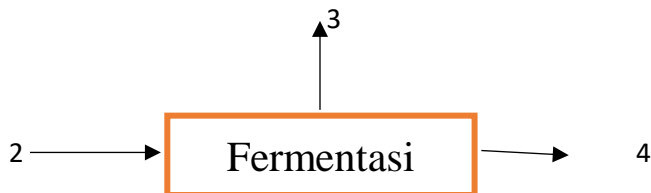
Selulose	=	32,28% x 1000 gr	=	345.92101
Hemiselulose	=	4,304% x 1000 gr	=	46.122802
Lignin	=	4,137% x 1000 gr	=	44.335543
(CH ₃)NH ₂	=	1,6% x 2000 gr	=	0.922456
(CH ₃) ₂ S	=	0,8% x 2000 gr	=	28.826751
Air	=	49,825% x 1000 gr	=	533.87143

Tabel A.2 Neraca Massa *Crusher*

Massa Masuk (gr)		Massa Keluar (gr)	
Aliran 1		Aliran 2	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
Selulose	345.921	Selulose	345.92101
Hemiselulose	46.1228	Hemiselulose	46.122802
Lignin	44.33554	Lignin	44.335543

(CH ₃)NH ₂	0.922456	(CH ₃)NH ₂	0.922456
(CH ₃) ₂ S	28.82675	(CH ₃) ₂ S	28.826751
Air	533.8714	Air	533.87143
Total	1000	Total	1000

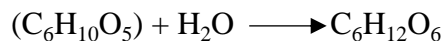
A.1.2 Neraca Massa Proses Fermentasi



Fungsi : Untuk Mengubah Eceng Gondok Menjadi Biogas

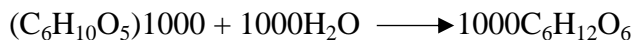
Reaksi Proses Hidrolisa

Konversi = 100%



n = 1000

Sehingga reaksinya menjadi :



Tabel A.4 Perhitungan Mol pada Reaksi Hidrolisa

Komponen	Selulose	Air	Glukosa
Mol Mula-mula	2.135	29.660	-
Reaksi	2.135	2.135	2.135
Sisa	0	27.524	2.135

Perhitungan mol mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Mol mula-mula selulose} &= \frac{\text{massa selulosa}}{BM} \\
 &= \frac{322,841}{162} \\
 &= 2.135
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol mula-mula Air} &= \frac{\text{massa air}}{BM} \\
 &= \frac{498,251}{18} \\
 &= 29.660
 \end{aligned}$$

Perhitungan mol reaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Mol Reaksi Selulose} &= \text{mol mula-mula selulose} \\
 &= 2.135
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol Reaksi Air} &= \text{mol reaksi selulose} \\
 &= 2.135
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol Reaksi Glukosa} &= \text{mol reaksi selulose} \\
 &= 2.135
 \end{aligned}$$

Perhitungan mol sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Mol sisa selulose} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\
 &= 2,135 - 2,135 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol sisa air} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\
 &= 29,660 - 2,135 \\
 &= 27.52421
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol sisa glukosa} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\
 &= 0 + 2,135 \\
 &= 2.135
 \end{aligned}$$

Tabel A.5 Massa Komponen Reaksi Hidrolisa

Komponen	Rumus Molekul	BM	Massa (gr)	
			Mula-mula	Sisa
Selulosa	C ₆ H ₁₀ O ₅	162	345.921	0
Air	H ₂ O	18	533.871	495.44
Glukosa	C ₆ H ₁₂ O ₆	180	-	384.35668

Perhitungan massa mula-mula sebagai berikut:

Massa mula-mula selulosa =

$$\begin{aligned}\text{mol mula-mula selulosa} \times \text{BM selulosa} &= 2,135 \times 162 \\ &= 345.92\end{aligned}$$

Massa mula-mula air = mol mula-mula air x BM air

$$\begin{aligned}&= 29,660 \times 18 \\ &= 533.8714\end{aligned}$$

Perhitungan massa sisa sebagai berikut:

Massa sisa selulosa =

$$\begin{aligned}\text{mol sisa selulosa} \times \text{BM selulosa} &= 0 \times 162 \\ &= 0\end{aligned}$$

Massa sisa air = mol sisa air x BM air

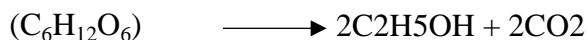
$$\begin{aligned}&= 27,524 \times 18 \\ &= 495.44\end{aligned}$$

massa sisa glukosa = mol sisa glukosa x BM glukosa

$$\begin{aligned}&= 2,135 \times 180 \\ &= 384.3567\end{aligned}$$

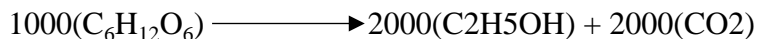
Reaksi Proses Acidogenesis

Konversi = 0,50%



n = 1000

sehingga reaksinya menjadi :



Tabel A.6 Perhitungan Mol pada Reaksi *Acidogenesis*

Komponen	Glukosa	Etanol	CO ₂
Mol mula-mula	2.135	-	-
Reaksi	0.011	0.021	0.021
Sisa	2.125	0.021	0.021

Tabel A.7 Massa Komponen Reaksi *Acidogenesis*

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa

$C_6H_{12}O_6$	180	384.357	382.435
C_2H_5OH	46	-	0.982
CO_2	44	-	0.940

Perhitungan mol mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol mula-mula glukosa} &= \text{mol sisa glukosa} \\ &= 2.135\end{aligned}$$

Perhitungan mol reaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi glukosa} &= \text{mol mula-mula glukosa} \times \text{konversi } 0,50\% \\ &= 0.011\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi etanol} &= \text{mol reaksi glukosa} \times 2 \\ &= 0,011 \times 2 \\ &= 0.021\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi karbondioksida} &= \text{mol reaksi glukosa} \times 2 \\ &= 0,011 \times 2 \\ &= 0.021\end{aligned}$$

Perhitungan mol sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa glukosa} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &= 2,135 - 0,011 \\ &= 2.125\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa etanol} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0 + 0,021 \\ &= 0.021\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa karbondioksida} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0 + 0,021 \\ &= 0.021\end{aligned}$$

Perhitungan massa mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa mula-mula glukosa} &= \text{mol mula-mula glukosa} \times \text{BM glukosa} \\ &= 2,135 \times 180 \\ &= 384.357\end{aligned}$$

Perhitungan massa sisa sebagai berikut :

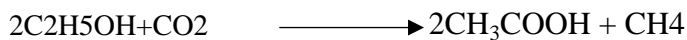
$$\begin{aligned}
 \text{Massa sisa glukosa} &= \text{mol sisa glukosa} \times \text{BM glukosa} \\
 &= 2,125 \times 180 \\
 &= 382.435
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sisa etanol} &= \text{mol sisa etanol} \times \text{BM etanol} \\
 &= 0,021 \times 46 \\
 &= 0.982
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sisa karbondioksida} &= \text{mol sisa CO}_2 \times \text{BM CO}_2 \\
 &= 0,021 \times 44 \\
 &= 0.940
 \end{aligned}$$

Reaksi Proses Acetogenesis

Konversi = 66%



n = 1000

sehingga reaksinya menjadi :



Tabel A.8 Perhitungan Mol pada Reaksi *Acetogenesis*

Komponen	C ₂ H ₅ OH	CO ₂	CH ₃ COOH	CH ₄
Mol mula-mula	0.021	0.021	-	-
Reaksi	0.014	0.007	0.014	0.0070484
Sisa	0.007	0.014	0.014	0.0070484

Tabel A.9 Massa Komponen Reaksi *Acetogenesis*

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
C ₂ H ₅ OH	46	0.982	0.334
CO ₂	44	0.940	0.629
CH ₃ COOH	60	-	0.846
CH ₄	16	-	0.113

Perhitungan mol mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Mol mula-mula etanol} &= \text{mol sisa etanol} \\
 &= 0.021
 \end{aligned}$$

Perhitungan mol reaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi etanol} &= \text{mol mula mula etanol} \times \text{konversi } 66\% \\ &= 0.014\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi karbondioksida} &= \text{mol mula mula etanol} / 2 \\ &= 0,014 / 2 \\ &= 0.007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi asam asetat} &= \text{mol reaksi etanol} \\ &= 0.014\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi methan} &= \frac{\text{mol reaksi etanol}}{2} \\ &= \frac{0,014}{2} \\ &= 0.0070484\end{aligned}$$

Perhitungan mol sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa etanol} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &= 0,021 - 0,014 \\ &= 0.007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa karbondioksida} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &= 0,021 - 0,007 \\ &= 0.014\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa asam asetat} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0 + 0,014 \\ &= 0.014\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa methan} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0 + 0,007 \\ &= 0.0070484\end{aligned}$$

Perhitungan massa mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa mula-mula etanol} &= \text{mol mula-mula} \times \text{BM etanol} \\ &= 0,021 \times 46 \\ &= 0.982\end{aligned}$$

Perhitungan massa sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa etanol} &= \text{mol sisa etanol} \times \text{BM etanol} \\ &= 0,007 \times 46 \\ &= 0.334\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa karbondioksida} &= \text{mol sisa} \times \text{BM CO}_2 \\ &= 0,014 \times 44 \\ &= 0.629\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa asam asetat} &= \text{mol sisa} \times \text{BM CH}_3\text{COOH} \\ &= 0,014 \times 60 \\ &= 0.846\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa metan} &= \text{mol sisa} \times \text{BM metan} \\ &= 0,007 \times 16 \\ &= 0.113\end{aligned}$$

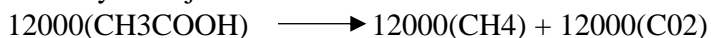
Reaksi Methanogenik

$$\text{Konversi} = 50.0\%$$



$$n = 6000$$

sehingga reaksinya menjadi :



Tabel A.10 Perhitungan Mol pada Reaksi Methanogenik

Komponen	Asam Aetat	Methan	Karbondioksida
Mol mula-mula	0.014	-	-
Reaksi	0.007	0.007	0.007
Sisa	0.007	0.007	0.007

Tabel A.11 Massa Komponen Reaksi Methanogenesis

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
CH ₃ COOH	60	0.846	0.423
CH ₄	16	-	0.113
CO ₂	44	-	0.310

Perhitungan mol mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol mula-mula asam asetat} &= \text{mol sisa asam asetat} \\ &= 0.014\end{aligned}$$

Perhitungan mol reaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi asam asetat} &= \text{mol mula asam asetat} \times \text{konv 50\%} \\ &= 0.007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi methan} &= \text{mol reaksi asam asetat} \\ &= 0.007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi karbondioksida} &= \text{mol reaksi asam asetat} \\ &= 0.007\end{aligned}$$

Perhitungan mol sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa asam asetat} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &= 0,014 - 0,007 \\ &= 0.0070484\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa methan} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0 + 0,007 \\ &= 0.0070484\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa karbondioksida} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0 + 0,007 \\ &= 0.007\end{aligned}$$

Perhitungan massa mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa mula-mula asam asetat} &= \text{mol mula-mula} \times \text{BM CH}_3\text{COOH} \\ &= 0,014 \times 60 \\ &= 0.846\end{aligned}$$

Perhitungan massa sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa asam asetat} &= \text{mol sisa} \times \text{BM CH}_3\text{COOH} \\ &= 0,007 \times 60 \\ &= 0.423\end{aligned}$$

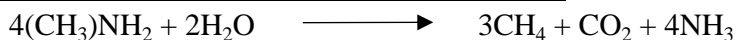
$$\begin{aligned}\text{Massa sisa methan} &= \text{mol sisa methan} \times \text{BM methan} \\ &= 0,007 \times 16 \\ &= 0.113\end{aligned}$$

$$\text{Massa sisa karbondioksida} = \text{mol sisa CO}_2 \times \text{BM CO}_2$$

$$= 0,007 \times 44$$

$$= 0.310$$

Reaksi pembentukan NH3 adalah sebagai berikut:



$$\text{Konversi} = 0.67\%$$

Tabel A.12 Perhitungan Mol pada Reaksi Pembentukan NH3

Komponen	(CH ₃)NH ₂	H ₂ O	CH ₄	CO ₂	NH ₃
Mol mula-mula	0.0298	27.5242	-	-	-
Reaksi	0.0002	0.0001001	0.00015	0.00005	0.0002
Sisa	0.0296	27.5241	0.00015	0.00005	0.0002002

Tabel A.13 Massa Komponen Reaksi Pembentukan NH3

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
(CH ₃)NH ₂	31	0.9225	0.9162
H ₂ O	18	495.4358	495.4340
CH ₄	16	-	0.0024
CO ₂	44	-	0.0022
NH ₃	17	-	0.0034

Perhitungan mol mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mol mula-mula } (\text{CH}_3)\text{NH}_2 &= \text{massa } (\text{CH}_3)\text{NH}_2 / \text{BM} \\ &= 0,922/31 \\ &= 0.0298 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol mula-mula H}_2\text{O} &= \text{Mol sisa air} \\ &= 27.5242 \end{aligned}$$

Perhitungan mol reaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mol reaksi } (\text{CH}_3)\text{NH}_2 &= \text{mol mula-mula} \times \text{konversi } 0,67\% \\ &= 0.0002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol reaksi H}_2\text{O} &= \text{mol reaksi } (\text{CH}_3)\text{NH}_2 / 2 \\ &= 0.0001001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol reaksi CH}_4 &= \text{mol reaksi } (\text{CH}_3)\text{NH}_2 \times (3/4) \\ &= 0.00015 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi CO}_2 &= \text{mol reaksi (CH}_3\text{)NH}_2 / 4 \\ &= 0.00005\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi NH}_3 &= \text{mol reaksi (CH}_3\text{)NH}_2 \\ &= 0.0002002\end{aligned}$$

Perhitungan mol sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa (CH}_3\text{)NH}_2 &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &0.0296\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa H}_2\text{O} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &= 27.5241\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol sisa CH}_4 &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0.0001502\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa CO}_2 &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0.00005\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa NH}_3 &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0.0002002\end{aligned}$$

Perhitungan massa mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{massa mula-mula (CH}_3\text{)NH}_2 &= \text{mol mula-mula} \times \text{BM (CH}_3\text{)NH}_2 \\ &= 0.9225\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa mula-mula H}_2\text{O} &= \text{mol mula-mula} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 495.4358\end{aligned}$$

Perhitungan massa sisa sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa (CH}_3\text{)NH}_2 &= \text{mol sisa} \times \text{BM (CH}_3\text{)NH}_2 \\ &0.9162\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa H}_2\text{O} &= \text{mol sisa H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 495.4340\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa CH}_4 &= \text{mol sisa} \times \text{BM CH}_4 \\ &= 0.0024\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa karbondioksida} &= \text{mol sisa} \times \text{BM CO}_2 \\ &= 0.0022\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa NH}_3 &= \text{mol sisa} \times \text{BM NH}_3 \\ &= 0.0034\end{aligned}$$

Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida adalah sebagai berikut:



$$\text{Konversi} = 0,042 \%$$

Tabel A.14 Perhitungan Mol pada Reaksi Hidrogen Sulfida

Komponen	(CH ₃) ₂ S	H ₂ O	CH ₄	CO ₂	H ₂ S
Mol mula-mula	0.464948	27.5241	-	-	-
Reaksi	0.0002	0.0012	0.0012	0.00039	0.00039
Sisa	0.4648	27.5229	0.0012	0.00039	0.00039

Tabel A.15 Massa Komponen Reaksi Hidrogen Sulfida

Komponen	BM	Massa (gr)	
		Mula-mula	Sisa
(CH ₃) ₂ S	62	28.8268	28.8146
H ₂ O	18	495.4340	495.4127
CH ₄	16	-	0.0189
CO ₂	44	-	0.0173
H ₂ S	34	-	0.0134

Perhitungan mol mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol mula-mula (CH}_3)_2\text{S} &= \text{Massa (CH}_3)_2\text{S} / \text{BM (CH}_3)_2\text{S} \\ &= 0.4649\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol mula-mula H}_2\text{O} &= \text{Mol sisa H}_2\text{O} \\ &= 27.5241\end{aligned}$$

Perhitungan mol reaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi (CH}_3)_2\text{S} &= \text{mol mula-mula} \times \text{konversi } 0,042\% \\ &= 0.0002\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi air} &= \text{mol reaksi (CH}_3)_2\text{S} \times (3/2) \\ &= 0.0012\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi CH}_4 &= \text{mol reaksi (CH}_3)_2\text{S} \times 3/2 \\ &= 0.0012\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi CO}_2 &= \text{mol reaksi (CH}_3\text{)NH}_2 / 2 \\ &= 0.00039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol reaksi H}_2\text{S} &= \text{mol reaksi (CH}_3\text{)NH}_2 \\ &= 0.00039\end{aligned}$$

Perhitungan mol sisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa (CH}_3\text{)}_2\text{S} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &= 0.4648\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol sisa H}_2\text{O} &= \text{mol mula-mula} - \text{mol reaksi} \\ &= 27.5229\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol sisa CH}_4 &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0.0012\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa CO}_2 &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0.00039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol sisa H}_2\text{S} &= \text{mol mula-mula} + \text{mol reaksi} \\ &= 0.00039\end{aligned}$$

Perhitungan massa mula-mula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{massa mula-mula (CH}_3\text{)}_2\text{S} &= \text{mol mula-mula} \times \text{BM (CH}_3\text{)}_2\text{S} \\ &= 28.826751\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa mula-mula H}_2\text{O} &= \text{mol mula-mula} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 495.43396\end{aligned}$$

Perhitungan massa sisa sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{massa sisa (CH}_3\text{)}_2\text{S} &= \text{mol sisa} \times \text{BM (CH}_3\text{)}_2\text{S} \\ &= 28.8146\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa H}_2\text{O} &= \text{mol sisa H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 495.41273\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sisa CH}_4 &= \text{mol sisa} \times \text{BM CH}_4 \\ &= 0.0189\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sisa CO}_2 &= \text{mol sisa} \times \text{BM CO}_2 \\
 &= 0.0173 \\
 \text{Massa sisa H}_2\text{S} &= \text{mol sisa} \times \text{BM H}_2\text{S} \\
 &= 0.0134
 \end{aligned}$$

Tabel A.16 Neraca Massa Total

Massa Masuk (gr)		Massa Keluar (gr)	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
Selulosa	345.92	CH ₄	0.247
Hemiselulosa	46.123	CO ₂	0.959
Lignin	44.336	H ₂ S	0.013
(CH ₃)NH ₂	0.922	NH ₃	0.003
(CH ₃) ₂ S	28.827	H ₂ O	495.41
Air	533.87	(CH ₃) ₂ S	28.815
		(CH ₃)NH ₂	0.916
		C ₂ H ₅ OH	0.982
		CH ₃ COOH	0.423
		C ₆ H ₁₂ O ₆	382.43
		Hemiselulosa	46.12
		Lignin	44.34
Total	1000	Total	1000

60
8
7.69 2.9749207
0.16
5
92.6
173.45

0.660174
66.01741

0.5000
50

sis a ch4	sis a co2	metano
0.246823	0.1668215	
0.018871	0.0172988	
0.002403	0.0022026	
0.225549	0.1473201	0.31013
0.112774		

0.0067292
0.672923

0.000422796
0.042279551

		70.19922		
kompon	ppm	persen	persen 100	densitas
ch4	556058.65	55.60587	79.21151629	0.000656
co2	124516.13	12.45161	17.73753804	0.00198
h2s	14525.9	1.45259	2.069239575	0.00136
nh3	6891.5	0.68915	0.981706093	0.00073
massa		volume	massa	massa
556.0587		376.2547	0.246823085	0.246823
124.5161		84.25331	0.166821545	0.959
14.5259		9.828888	0.013367288	0.013
6.8915		4.663104	0.003404066	0.003
701.9922	298.00782	475		

875

volume	persen	ppm
376.2547	43.00054	430005.4
484.3637	55.35585	553558.5
9.828888	1.123301	11233.01
4.663104	0.532926	5329.262
875.1103		
	376.2547	
	484.3637	
	9.828888	
	4.663104	

APPENDIKS B NERACA PANAS

B.1 Perhitungan Cp Senyawa

B.1.1 Perhitungan Cp (Kapasitas Panas) menggunakan metode Kopp's

$$\frac{C_p}{J/(mol.K)} = \sum_{E=1}^N n_E \times \Delta E$$

Diketahui :

n_E : banyaknya unsur dalam senyawa tersebut

ΔE : kontribusi elemen

Berikut adalah data Cp menggunakan metode modifikasi Hukum Koop's (Perry, edisi 8)

Tabel B.1 *Heat Capacity of the Element (J/mol °C)*

Elemen	ΔE	Satuan
C	10.89	J/mol °C
H	7.56	J/mol °C
O	13.42	J/mol °C
N	18.74	J/mol °C
S	12.36	J/mol °C

B.1.2 Menghitung *Heat Capacity*

Tabel B.2 *Menghitung Heat Capacity*

Elemen	Jumlah					Cp (J/mol °C)
	C	H	O	N	S	
C ₆ H ₁₀ O ₅	6	10	5	-	-	208.04
C ₆ H ₁₂ O ₆	6	12	6	-	-	236.58
C ₂ H ₅ OH	2	6	1	-	-	80.56
CO ₂	1	-	2	-	-	37.73
CH ₃ COOH	2	4	2	-	-	78.86
CH ₄	1	4	-	-	-	41.13

(CH ₃)NH ₂	1	5	-	1	-	67.43
(CH ₃) ₂ S	2	6	-	-	1	79.5
H ₂ S	-	2	-	-	1	27.48
NH ₃	-	3	-	1	-	41.42
H ₂ O	-	2	1	-	-	28.54

Perhitungan C₆H₁₀O₅

$$\begin{aligned}
 C_p &= 6 \cdot \Delta EC + 10 \cdot \Delta EH + 5 \cdot \Delta EO \\
 &= 6 (10,89) + 10 (7,56) + 5 (13,42) \\
 &= 208.04 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 1.284197531 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.30692321 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan C₆H₁₂O₆

$$\begin{aligned}
 C_p &= 6 \cdot \Delta EC + 12 \cdot \Delta EH + 6 \cdot \Delta EO \\
 &= 6 (10,89) + 12 (7,56) + 6 (13,42) \\
 &= 236.58 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 1.314333333 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.314125667 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan C₂H₅OH

$$\begin{aligned}
 C_p &= 2 \cdot \Delta EC + 6 \cdot \Delta EH + 1 \cdot \Delta EO \\
 &= 1 (10,89) + 6 (7,56) + 1 (13,42) \\
 &= 80.56 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 1.751304348 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.418561739 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan CO₂

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1 \cdot \Delta EC + 2 \cdot \Delta EO \\
 &= 1 (10,89) + 2 (13,42) \\
 &= 37.73 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.8575 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.2049425 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan CH₃COOH

$$\begin{aligned}
 C_p &= 2 \cdot \Delta EC + 4 \cdot \Delta EH + 2 \cdot \Delta EO \\
 &= 2 (10,89) + 4 (7,56) + 2 (13,42)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 78.86 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 1.314333333 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.314125667 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan CH4

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1 \cdot \Delta E_C + 4 \cdot \Delta E_H \\
 &= 1 (10,89) + 4 (7,56) \\
 &= 41.13 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 2.570625 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.614379375 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan (CH3)NH2

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1 \cdot \Delta E_C + 5 \cdot \Delta E_H + 1 \cdot \Delta E_N \\
 &= 1 (10,89) + 5 (7,56) + 1 (18,74) \\
 &= 67.43 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 2.17516129 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.519863548 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan (CH3)2S

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1 \cdot \Delta E_C + 6 \cdot \Delta E_H + 1 \cdot \Delta E_S \\
 &= 1 (10,89) + 6 (7,56) + 1 (12,36) \\
 &= 79.5 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 1.282258065 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.306459677 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan H2S

$$\begin{aligned}
 C_p &= 2 \cdot \Delta E_H + 1 \cdot \Delta E_S \\
 &= 2 (7,56) + 1 (12,36) \\
 &= 27.48 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.808235294 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.193168235 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan NH3

$$C_p = 3 \cdot \Delta E_H + 1 \cdot \Delta E_N$$

$$\begin{aligned}
 &= 3 (7,56) + 1 (18,74) \\
 &= 41.42 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 2.436470588 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.582316471 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Perhitungan H₂O

$$\begin{aligned}
 C_p &= 2 \cdot \Delta E_H + 1 \cdot \Delta E_O \\
 &= 2 (7,56) + 1 (13,42) \\
 &= 28.54 \quad \text{J/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 1.585555556 \quad \text{J/gr } ^\circ\text{C} \\
 &= 0.378947778 \quad \text{cal/gr } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Tabel B.3 Data Kapasitas Panas (C_p) Komponen

Komponen	C _p	Satuan	Referensi
C ₆ H ₁₀ O ₅	0.30692321	cal/gr °C	Metode Kopp's
C ₆ H ₁₂ O ₆	0.314125667	cal/gr °C	Metode Kopp's
C ₂ H ₅ OH	0.418561739	cal/gr °C	Metode Kopp's
CO ₂	0.2049425	cal/gr °C	Metode Kopp's
CH ₃ COOH	0.314125667	cal/gr °C	Metode Kopp's
CH ₄	0.614379375	cal/gr °C	Metode Kopp's
(CH ₃)NH ₂	0.519863548	cal/gr °C	Metode Kopp's
(CH ₃) ₂ S	0.306459677	cal/gr °C	Metode Kopp's
H ₂ S	0.193168235	cal/gr °C	Metode Kopp's
NH ₃	0.582316471	cal/gr °C	Metode Kopp's
H ₂ O	0.378947778	cal/gr °C	Metode Kopp's

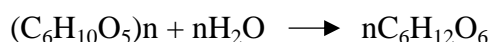
Tabel B.4 Data *Heat of Formation* (ΔH_f) Senyawa

Komponen	ΔH _f (cal/mol)	Referensi
C ₆ H ₁₂ O ₆	-7505	Eugene Domalski
C ₆ H ₁₀ O ₅	-229440	Eugene Domalski
C ₂ H ₅ OH	-66326	Thermodynamic Property
CO ₂	-93990678	Thermodynamic Property
CH ₃ COOH	-116127	Himmeblau

CH ₄	-17830	Thermodynamic Property
H ₂ O	-57797.9	Perry's Chemical Engineers
H ₂ S	-4813	Himmeblau
NH ₃	-10960	Himmeblau
(CH ₃)NH ₂	-5489.83	Perry's Chemical Engineers
(CH ₃) ₂ S	-5473.1	Perry's Chemical Engineers

B.1.3 Neraca Panas Reaksi

B.1.3.1 Neraca Panas Reaksi Hidrolisis



Tabel B.4.1 Perhitungan ΔH Reaksi Hidrolisis

Selulosa Pembentukan Glukosa

T = 30

T Ref = 25

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	H (cal)
C ₆ H ₁₀ O ₅	345.92	0.307	30	5	530.86
H ₂ O	533.87	0.379	30	5	1011.55
C ₆ H ₁₂ O ₆	384.36	0.314	30	5	603.68
ΔH					-938.72

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = 345,9 \times 0,3069 \times (30-25)$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = 530.855941 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ H}_2\text{O} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H \text{ H}_2\text{O} = 533,9 \times 0,3789 \times (30-25)$$

$$\Delta H \text{ H}_2\text{O} = 1011.546965 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 384,4 \times 0,3141 \times (30-25)$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 603.6814964 \text{ cal}$$

Tabel B.4.2 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Hidrolisis Selulosa
Pembentukan Glukosa

Komponen	Mol	Koef.	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
C ₆ H ₁₀ O ₅	2.135314906	1	-229440	-489926.6519

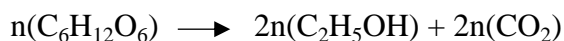
H ₂ O	29.65952404	1	-57797.9	-1714258.204
C ₆ H ₁₂ O ₆	2.135314906	1	-7,505	-16025.53837
			ΔH25	2188159.318

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = \Delta C_6H_{10}O_5 + \Delta H_{25} - (\Delta H_{2O} + \Delta C_6H_{12}O_6)$$

$$\Delta H = 2187220.597$$

B.1.3.2 Neraca Panas Reaksi Asidogenesis



Tabel B.5.1 Perhitungan H Reaksi Asidogenesis

$$T = 30$$

$$T_{Ref} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	384.36	0.31412567	30	5	603.6814964
C ₂ H ₅ OH	0.982	0.41856174	30	5	2.055138139
CO ₂	0.94	0.2049425	30	5	0.96322975
ΔH Reaksi					-601

$$\Delta H_{C_6H_{12}O_6} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{C_6H_{12}O_6} = 384,4 \times 0,31412 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{C_6H_{12}O_6} = 603.6814964 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{C_2H_5OH} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{C_2H_5OH} = 0,982 \times 0,41856 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{C_2H_5OH} = 2.055138139 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{CO_2} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{CO_2} = 0,94 \times 0,2049 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{CO_2} = 0.96322975 \text{ cal}$$

Tabel B.5.2 Perhitungan ΔH25 Reaksi Asidogenesis

Komponen	Mol	Koef.	ΔHf (Cal/mol)	ΔH (Cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	2.135314906	1	-7,505	-16025.53837
C ₂ H ₅ OH	0.021	2	-66326	-2785.692

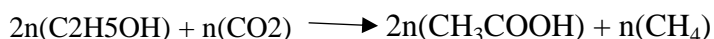
CO ₂	0.021	2	-93,990,678	-3947608.476
			ΔH25	-3928797.246

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta CO_2 + \Delta C_2H_5OH) + \Delta H_{25} - \Delta C_6H_{12}O_6$$

$$\Delta H = \mathbf{-3929397.909}$$

B.1.3.3 Neraca Panas Reaksi Asetogenesis



Tabel B.6.1 Perhitungan H Reaksi Asetogenesis

$$T = 30$$

$$T_{Ref} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	0.982	0.41856174	30	5	2.055138139
CO ₂	0.94	0.2049425	30	5	0.96322975
CH ₃ COOH	0.846	0.31412567	30	5	1.32875157
CH ₄	0.113	0.61437938	30	5	0.347124347
ΔH					-1.342491972

$$\Delta H_{C_2H_5OH} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{C_2H_5OH} = 0,982 \times 0,4185 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{C_2H_5OH} = 2.055138139 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{CO_2} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{CO_2} = 0,940 \times 0,2049 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{CO_2} = 0.96322975 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{CH_3COOH} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{CH_3COOH} = 0,846 \times 0,314125 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{CH_3COOH} = 1.32875157 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{CH_4} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{CH_4} = 0,113 \times 0,614379 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{CH_4} = 0.347124347 \text{ cal}$$

Tabel B.6.2 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Asetogenesis

Komponen	Mol	Koef.	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
C ₂ H ₅ OH	0.021	2	-66,326	-2785.692
CO ₂	0.021	1	-93,990,678	-1973804.238
CH ₃ COOH	0.014	2	-116127	-3251.556
CH ₄	0.007	1	-17,830	-124.81
			ΔH_{25}	1973213.564

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta CH_4 + \Delta CH_3COOH) + \Delta H_{25} - (\Delta CO_2 + \Delta C_2H_5OH)$$

$$\Delta H = 1973212.222$$

B.1.3.4 Neraca Panas Reaksi Metanogenik



Tabel B.7.1 Perhitungan H Reaksi Metanogenik

$$T = 30$$

$$T_{Ref} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	H (cal)
CH ₃ COOH	0.846	0.31413	30	5	1.32875157
CH ₄	0.113	0.61438	30	5	0.347124347
CO ₂	0.31	0.2049	30	5	0.317660875
				ΔH	-0.663966348

$$\Delta H_{CH_3COOH} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{CH_3COOH} = 0,846 \times 0,31413 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{CH_3COOH} = 1.32875157 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{CH_4} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{CH_4} = 0,113 \times 0,61438 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{CH_4} = 0.347124347 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{CO_2} = m \times Cp \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_{CO_2} = 0,310 \times 0,2049 \times (30-25)$$

$$\Delta H_{CO_2} = 0.317660875 \text{ cal}$$

Tabel B 7 2 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Metanogenik

Tabel B.7.2 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Metanogenesis

Komponen	Mol	Koef.	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
CH ₃ COOH	0.014	2	-116,127	-3251.556
CH ₄	0.007	2	-17,830	-249.62
CO ₂	0.007	2	-93990678	-1315869.492
			ΔH_{25}	-1312867.556

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta CH_4 + \Delta CO_2) + \Delta H_{25} - \Delta CH_3COOH$$

$$\Delta H = \mathbf{-1312868.22}$$

Reaksi pembentukan NH₃ adalah sebagai berikut:



Tabel B.8.1 Perhitungan H Reaksi Pembentukan NH₃

$$T = 30$$

$$T_{Ref} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	H (cal)
(CH ₃)NH ₂	0.9225	0.51986355	30	5	2.397756349
H ₂ O	495.44	0.37894778	30	5	938.7214097
CH ₄	0.0024	0.61437938	30	5	0.007372553
CO ₂	0.0022	0.2049425	30	5	0.002254368
NH ₃	0.0034	0.58231647	30	5	0.00989938
ΔH					-941.0996398

$$\Delta H (CH_3)NH_2 = m \times Cp \times (T-T_{ref})$$

$$\Delta H (CH_3)NH_2 = 0,922 \times 0,5198 \times (30-25)$$

$$\Delta H (CH_3)NH_2 = 2.397756349 \text{ cal}$$

$$\Delta H H_2O = m \times Cp \times (T-T_{ref})$$

$$\Delta H H_2O = 495,4 \times 0,37894 \times (30-25)$$

$$\Delta H H_2O = 938.7214097 \text{ cal}$$

$$\Delta H CH_4 = m \times Cp \times (T-T_{ref})$$

$$\Delta H CH_4 = 0,0024 \times 0,61437 \times (30-25)$$

$$\Delta H CH_4 = 0.007372553 \text{ cal}$$

$$\Delta H CO_2 = m \times Cp \times (T-T_{ref})$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 0,0022 \times 0,2049 \times (30-25)$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 0.002254368 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ NH}_3 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ NH}_3 = 0,0034 \times 0,5823 \times (30-25)$$

$$\Delta H \text{ NH}_3 = 0.00989938 \text{ cal}$$

Tabel B.8.2 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Pembentukan NH_3

Komponen	Mol	Koef.	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
$(\text{CH}_3)\text{NH}_2$	0.029756646	4	-5,489.83	-653.435721
H_2O	27.52420913	2	-57,797.90	-3181682.974
CH_4	0.00015	3	-17,830	-8.0235
CO_2	0.00005	1	-93990678	-4699.5339
NH_3	0.0002	4	-10,960	-8.768
			ΔH_{25}	3177620.084

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta \text{CH}_4 + \Delta \text{CO}_2 + \Delta \text{NH}_3) + \Delta H_{25} - (\Delta (\text{CH}_3)\text{NH}_2 + \Delta \text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta H = \mathbf{3176678.985}$$

Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida adalah sebagai berikut:



Tabel B.9.1 Perhitungan H Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida

$$T = 30$$

$$T_{\text{Ref}} = 25$$

Komponen	Massa (gram)	C_p (cal/gr °C)	T (°C)	T-Tref (°C)	H (cal)
$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	28.827	0.30645968	30	5	44.17118441
H_2O	495.43	0.37894778	30	5	938.7104877
CH_4	0.0189	0.61437938	30	5	0.058058851
CO_2	0.0173	0.2049425	30	5	0.017727526
H_2S	0.0134	0.19316824	30	5	0.012942272
ΔH					-982.7929435

$$\Delta H (\text{CH}_3)_2\text{S} = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H (\text{CH}_3)_2\text{S} = 28,83 \times 0,306459 \times (30-25)$$

$$\Delta H (\text{CH}_3)_2\text{S} = 44.17118441 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{H}_2\text{O} = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{H}_2\text{O} = 495,4 \times 0,37894 \times (30 - 25)$$

$$\Delta H \text{H}_2\text{O} = 938.7104877 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{CH}_4 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{CH}_4 = 0,019 \times 0,61437 \times (30 - 25)$$

$$\Delta H \text{CH}_4 = 0.058058851 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{CO}_2 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{CO}_2 = 0,017 \times 0,2049 \times (30 - 25)$$

$$\Delta H \text{CO}_2 = 0.017727526 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{H}_2\text{S} = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{H}_2\text{S} = 0,013 \times 0,5819 \times (30 - 25)$$

$$\Delta H \text{H}_2\text{S} = 0.012942272 \text{ cal}$$

Tabel B.9.2 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Pembentukan Hidrogen Sulfida

Komponen	Mol	Koef.	ΔH_f (Cal/mol)	ΔH (Cal)
(CH ₃) ₂ S	0.4649476	2	-5,473.1	-5089.409424
H ₂ O	27.5241	3	-57,797.9	-4772505.538
CH ₄	0.0012	3	-17,830	-64.188
CO ₂	0.00039	1	-93,990,678	-36656.36442
H ₂ S	0.00039	1	-4,813	-1.87707
			ΔH_{25}	4740872.518

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (\Delta \text{CH}_4 + \Delta \text{CO}_2 + \Delta \text{H}_2\text{S}) + \Delta H_{25} - (\Delta (\text{CH}_3)_2\text{S} + \Delta \text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta H = \mathbf{4739889.725}$$

Tabel B.5 Neraca Panas Total

H Masuk (cal)		H Keluar (cal)	
	Reaksi 1		Reaksi 1
C ₆ H ₁₀ O ₅	530.855941	C ₆ H ₁₂ O ₆	603.6814964
H ₂ O	1011.546965	ΔH_{25}	2188159.318
ΔH	2187220.597		
	Reaksi 2		Reaksi 2

$C_6H_{12}O_6$	603.6814964	C_2H_5OH	2.055138139
ΔH	3929397.909	CO_2	0.96322975
		ΔH_{25}	3928797.246
	Reaksi 3		Reaksi 3
C_2H_5OH	2.055138139	CH_3COOH	1.32875157
CO_2	0.96322975	CH_4	0.347124347
ΔH	1973212.222	ΔH_{25}	1973213.564
	Reaksi 4		Reaksi 4
CH_3COOH	1.32875157	CH_4	0.347124347
ΔH	1312868.22	CO_2	0.317660875
		ΔH_{25}	1312867.556
	Reaksi 5		Reaksi 5
$(CH_3)NH_2$	2.397756349	CH_4	0.007372553
H_2O	938.7214097	CO_2	0.002254368
ΔH	3176678.985	NH_3	0.00989938
		ΔH_{25}	3177620.084
	Reaksi 6		Reaksi 6
$(CH_3)_2S$	44.17118441	CH_4	0.058058851
H_2O	938.7104877	CO_2	0.017727526
ΔH	4739889.725	H_2S	0.012942272
		ΔH_{25}	4740872.518
TOTAL	1.73E+07	TOTAL	1.73E+07

BIODATA PENULIS

PENULIS I



Nikita Ayu Anindita Putri, penulis lahir di Sidoarjo, Jawa Timur pada tanggal 26 Desember 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Dharma Wanita 2 Suko Sidoarjo pada tahun 2003, lulus dari SD Negeri Suko II Sidoarjo pada tahun 2009, lulus dari SMP Negeri 1 Sidoarjo pada tahun 2012 dan lulus dari SMA Negeri 1 Sidoarjo pada tahun 2015.

Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS dengan Nomor Registrasi 2315 030 065. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Departemen Hubungan Masyarakat HIMAD3KKIM ITS (2016-2017), dan Sekretaris Departemen Hubungan Masyarakat (HUMAS) HIMAD3KKIM ITS (2017-2018), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia, Gresik.

Email : nikitaayuanindita@gmail.com

PENULIS II



Aditya Pernanda Effendi, penulis lahir di Solok, Sumatera Barat tepatnya pada tanggal 19 Juni 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya TK Swasta YPPI Tualang pada tahun 2003, SD Swasta YPPI Tualang pada tahun 2009, SMP Swasta YPPI Tualang pada tahun 2012, SMA Swasta YPPI Tualang pada tahun 2015.

Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS dengan Nomor Registrasi 2315 030 039. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Departemen PSDM HIMAD3KKIM ITS (2016-2017), dan Ketua Divisi Kaderisasi Departemen PSDM HIMAD3KKIM ITS (2017-2018), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrocentral, Gresik.

Email: adityapernanda74@gmail.com